

Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.

24. Heft.

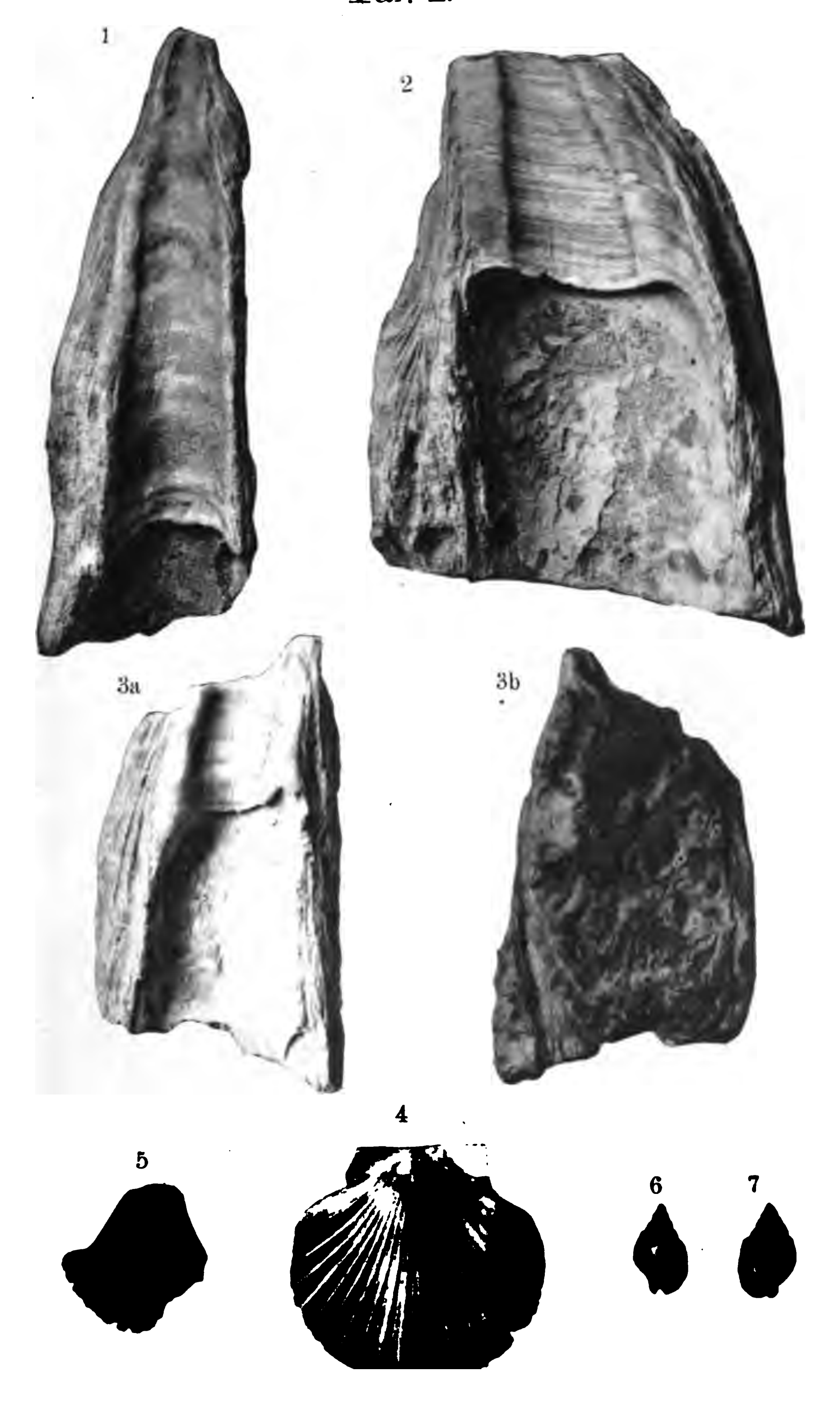
1892.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

1892.

Taf. I.





Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.

24. Heft.

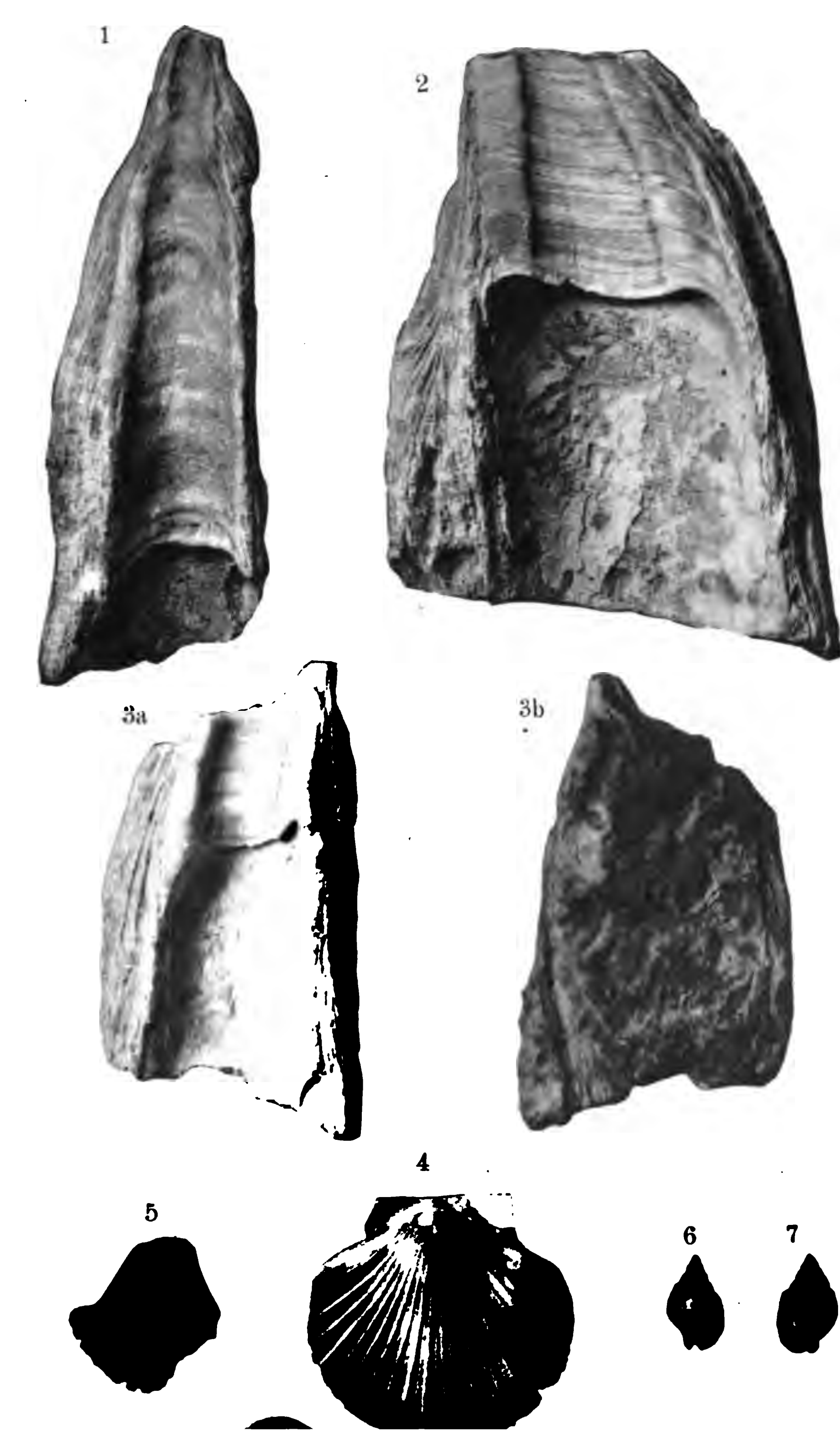
1892.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

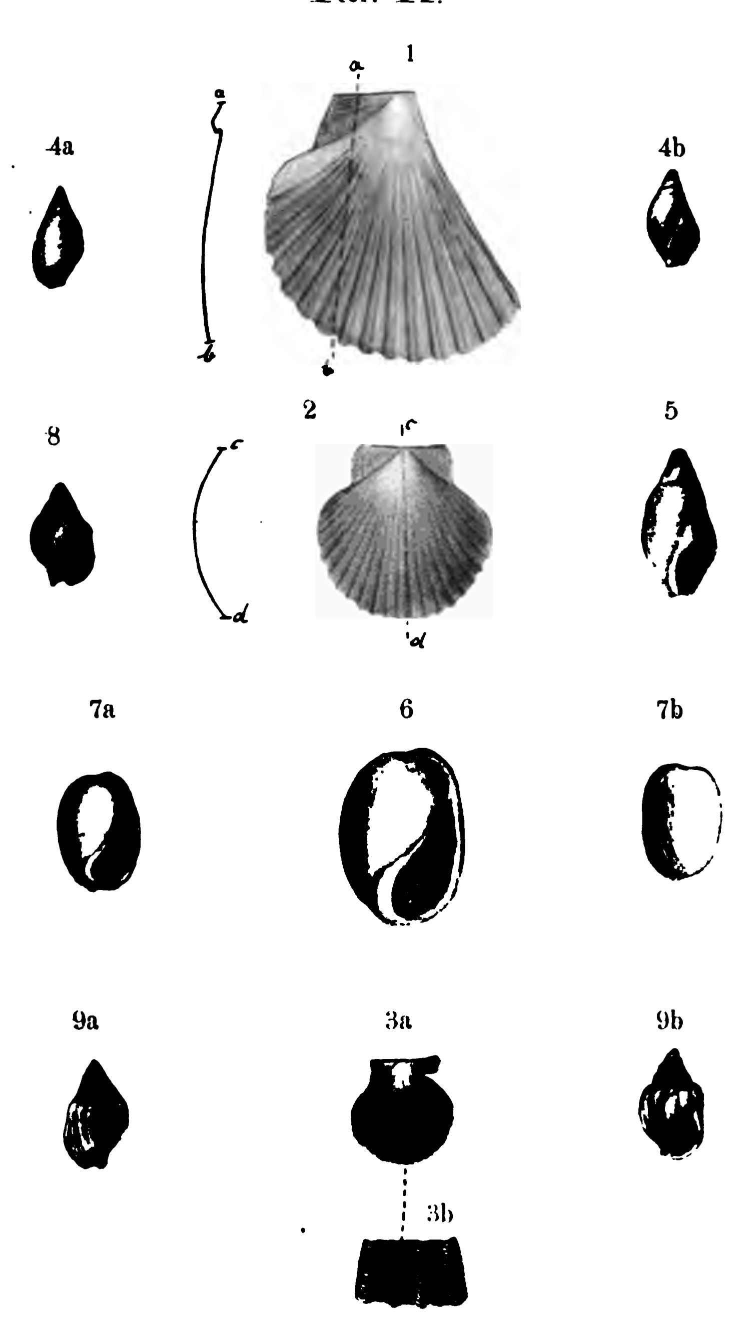
1892.

Taf. I.





Taf. II.



Gez. v. Blanckenhorn.

Lichtdruck v. J. Schober, Karlsruhe.





Das marine Pliocän in Syrien.

Von Dr. M. Blanckenhorn.

Mit Tafel I. u. II.

Unter den Sedimentbildungen Syriens bieten gerade die jüngeren Tertiär- und Quartärablagerungen ein ganz besonderes Interesse nicht sowohl wegen ihrer relativ grossen Verbreitung und Mannigfaltigkeit, sowie ihrer z. Th. reichen Molluskenfauna, die sich so innig an die heutige Thierwelt des Mittelmeeres, der Binnenseen und Flüsse Syriens anschliesst, als vor allem wegen ihrer engen Beziehungen zu den jüngsten, für die heutige Gestaltung des Landes entscheidenden Vorgängen in der Gebirgsbildung und den Veränderungen im Verhältniss von Wasser und Land. Wohl gibt es noch mehr als einen zweifelhaften Punkt bezüglich der jeweiligen Fauna, des genauen Alters der einzelnen lokalen Ablagerungen, der Ausdehnung und der Verbindungswege der verschiedenen marinen und lakustren Seebecken, welcher der weiteren Aufklärung sehr bedürftig ist: indess gestatten die bis jetzt beobachteten Thatsachen doch schon einen gewissen vorläufigen Ueberblick über die Ausbreitung der marinen und Süsswasserstufen des Miocäns, Pliocäns und Diluviums.

Versuchen wir es, so wie an anderer Stelle[1]) bereits die bisher gesammelten Kenntnisse vom marinen Miocän Syriens zu einer Art monographischer Darstellung zusammengefasst wurden, hier an der Hand des uns vorliegenden Materials die Stufen des **marinen Pliocäns** in Syrien eingehender zu betrachten.

Verfolgt man die syrische Küste in ihrem Verlaufe vom äussersten N nach S prüfend auf Vorkommnisse pliocäner Ablagerungen, so stösst man wenigstens in Nordsyrien bis zum Libanon auf eine ganze Reihe theils wahrscheinlich, theils sicher hierhergehöriger Sedimentreste[2]). Unter diesen Pliocänbildungen lassen

1) Blanckenhorn: Das marine Miocän in Syrien. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. Math. nat. Cl. Wien. 1890. p. 591.

2) Zur Verfolgung der im Folgenden angeführten Lokalitäten innerhalb Nordsyriens verweise ich auf meine orographische sowie die geo-

sich allem Anschein nach zwei Etagen unterscheiden, deren tiefere der sogenannten dritten Mediterranstufe im Sinne von SUESS[1]), die höhere der vierten entsprechen dürfte. Umgekehrt wie auf der benachbarten cyprischen Insel, wo ein älterer Horizont des Pliocäns nach GAUDRY nur an wenigen Punkten der nach NO vorspringenden Carpashalbinsel auftritt, während das jüngere Pliocän sich mächtiger entwickelt und weit verbreitet zeigt, ist es in Syrien meinen Untersuchungen zufolge das ältere marine Pliocän, welches eine relativ beträchtlichere Ausdehnung gewinnt.

I. Das Mittlere[2]) Pliocän, die dritte Mediterranstufe.

A. Geologischer Theil.

1) Umgebung der Bucht von Iskenderûn[3]).

Ob an der Nordseite des levantinischen Meeres an der Südküste Kleinasiens marines Pliocän zur Ablagerung kam, ist hier nicht der Ort zu untersuchen. Nur möchte ich an dieser Stelle einen Umstand nicht unerwähnt lassen, dass speziell in der an Syrien angrenzenden äussersten SO Ecke Kleinasiens, der Nordküste der Bucht von Iskenderûn die dortigen „Sandsteine mit Ostraea-Arten," welche RUSSEGGER[4]) aus der Gegend von Karabulum und Karakapu anführt, mich naeh der Beschreibung lebhaft an die mit Mergeln wechsellagernden Sandsteine im untern Orontesthal erinnern. Letztere sind aber, wie ich in der Folge zeigen werde, aller Wahrscheinlichkeit nach mittelpliocän. Nach RUSSEGGER sollen diese Sandsteine in Cilicien noch unter den „Kalksteinen der tertiären Reihe" (Miocän) liegen. Im Orontesthal, wo nach RUSSEGGER[5]) derselbe „Sandstein von Armenas", wie er ihn hier nennt, „sich als die Grundlage der ganzen Tertiärformation des nördlichen Syriens zu

---

gnostische Karte von Nordsyrien im Massstab 1 : 500000 in meinen „Grundzügen der Geologie und physikalischen Geographie von Nordsyrien." Berlin 1891.

1) SUESS, E.: Antlitz der Erde I, 1885, p. 363.

2) In dieser Bezeichnungsweise schliesse ich mich an NEUMAYR: Erdgeschichte II. 1887 an.

3) vom Verfasser selbst nicht besucht.

4) RUSSEGGER: Reisen in Europa, Asien und Afrika, Stuttgart 1843. I. 2. p. 600—602. — 5) l. c. I, 1. p. 434.

behaupten scheint," konnte ich selbst nur feststellen, dass der Sandstein zwar durchweg in tieferen Niveaus über dem Meeresspiegel, nämlich mehr im Thale sich vorfindet, während das typische Miocän an den Hängen der Gebirge hoch emporsteigt; ein Unterteufen der Miocänkalke durch Sandsteine oder eine enge Verknüpfung beider wurde indess von mir nirgends direkt wahrgenommen. So möchte ich denn auch vermuthen, dass im südöstlichen Cilicien dieselben stratigraphischen Verhältnisse vorwalten, also eine Anlagerung pliocänen Sandsteins am Fusse der Miocänkalkhügel stattfand. Ob auch weiter westlich die „Ostraeensandsteine" im Becken des Seihûn und Cydnus[1]) noch theilweise hierhergehören, bleibt eine weitere offene Frage.

Auf dem Südostufer der Bucht von Iskenderûn im nördlichsten Syrien, an den Abhängen und dem Fusse des Amanusgebirges scheint mir ein Vorhandensein pliocäner Bildungen ebensowenig ausgeschlossen. Russegger erwähnt am Beilânpass oberhalb Iskenderûn „grobkörnige thonige Sandsteine, die den Charakter der Tertiärzeit an sich tragen." Sie liegen dem Thonschiefer und Serpentin bei Beilân auf. — Die im SW folgende Küstenebene nordwestlich vom Djebel el-Ahmar bei Arsus (Rhosos) ist nach Ainsworth[2]) „durch tertiäre Ablagerungen von Sandstein mit Gyps, der entweder in ganz dünnen, oft nur wenige Linien mächtigen Straten oder in Nestern und Nieren ausgeschieden vorkommt, gebildet." Ueber das spezielle Alter dieser Sedimente im NW des Amanus fehlt allerdings ein bestimmter Anhalt. Nur die Analogie mit den sogleich zu besprechenden Sandsteinen an der SO Seite der Amanuskette und die grosse Meereshöhe ihres Vorkommens bei Beilân legt die Vermuthung nahe, dass man es grösseren Theils mit Mittelpliocänbildungen zu thun hat.

2) Das untere Orontesbecken.

Genauere Nachrichten liegen uns heute über die Pliocänbildungen am unteren Orontes oder Nahr el-'Âsî vor. Dieselbe Bucht, welche hier bereits das Obere Miocänmeer[3]) gegen Ende der zweiten

1) l. c. I, 2. p. 605, 607, 609, 611.

2) Ainsworth: Researches in Assyria, Babylonia and Chaldaea. Lond. 1838.

3) Vergl. m. Abh.: Das marine Miocän in Syrien l. c. sowie meine geognostische Kartenskizze v. Nordsyrien in „Grundzüge der Geologie u. physik. Geographie v. Nordsyrien. Berlin 1891."

Mediterranstufe gebildet hatte, wurde von dem von neuem vordringenden ersten Pliocänmeer, der dritten Mediterranstufe, wenigstens zum Theil eingenommen. Der Amanus Mons im N und der Casius im S ragten als Halbinseln hinein in dieses Meer, das zwischen beiden seine Eingangspforte zur Niederung el-'Amḳ bei Antâkîje (dem alten Antiochia), in der es sich ausbreiten konnte, fand. Freilich war jetzt zur Zeit des Mittelpliocäns die Strasse um vieles enger. Nur noch bis zu einer Meereshöhe von 100—190 m scheinen Sedimente an den Rändern der kurz vorher erhobenen Gebirge abgesetzt worden zu sein. Der zwischen Casius und Amanus gelegene 381 m hohe Djebel Sim'ân, welcher zur Oberen Miocänzeit noch rings von den Fluthen umspült oder womöglich ganz bedeckt war, hing in der Mittleren Pliocänepoche mit dem Casius, von dem er heute durch die Orontesschlucht getrennt ist, direkt zusammen. Nur an seiner N- und W-Seite finden sich Absätze pliocänen Alters. Ganz am Ausgange des engen Orontesthales in die Ebene dringt allerdings rother, eisenschüssiger Sandstein eine kurze Strecke in demselben aufwärts, die unteren Ufergehänge bedeckend. Dieses Endstück der Schlucht bestand also schon damals, vielleicht bedingt durch tektonische Vorgänge, auf die auch der lokale Gegensatz in der Streich- und Fallrichtung der älteren Sedimente an beiden Thalseiten, worauf Russegger aufmerksam macht, zurückgeführt werden könnte. Die dreieckige Ebene an der Mündung des Nahr el-'Âsî ist im O vom Fusse des Djebel Aḳra' an bis zu den Ruinen von Seleucia Pieria umsäumt von einem Zuge niedriger, welliger Vorhügel, gebildet aus grauen, schiefrigen Pliocänsandsteinen mit Kieslagen, welche abwechseln mit grauen Schieferthonen und plattigen Mergellagen. Im S der Orontesmündung am NW Fusse des Djebel Aḳra' soll der Sandstein nach Russegger noch von Gyps bedeckt sein also ähnlich wie in der Ebene von Rhosos.

Aus dieser „Formation von marinen Mergeln und Kalksteinen" des Distrikts von Sueidije zwischen Seleucia Pieria und der Orontesschlucht machte bereits Ainsworth[1]) eine Anzahl von Fossilien namhaft. Diese Liste, über deren Richtigkeit freilich ein Urtheil nicht möglich ist, verweist entschieden, wie schon Russegger[2]) erkannte, auf die „subapenninische Zeitfolge" oder Pliocän. Die

1) Ainsworth, l. c. p. 301.
2) Russegger, l. c. I, 1, p. 442.

meisten der angeführten Arten leben heute noch im Mittelmeere, nur sechs sind ausgestorben[1]).

† *Pecten scabrellus*,
  „ *operculum* (soll wohl weissen *opercularis* L.),
Lucina divarigata,
  „ *lactea* (Linné = *L. fragilis* Phil.),
Cardium sulcatum (= *oblongum* Chemn.),
  „ *edule*,
Venus verrucosa,
Tellina planata,
Solen candidus (= *Solecurtus candidus* Ren.),
Mactra triangula,
Clavagella aperta,
Trochus fagus (Defr., ? = *T. fanulum* Gmel.),
† *Turritella tornata*,
Natica glaucina (? Linné ex parte = *N. helicina* Brocc.).
Cerithium vulgatum,
† „ *tricinctum*,
Cyprea rufa (= *pyrum* Gmel.),
† *Triton intermedium* (? *Murex intermedius* Brocc. = *Tritonium affine* Desh. sp.),
Fusus lignarius (= *Euthria cornea* L. sp.),
  „ *strigosus* (Lam. = *rostratus* Ol.),
† „ *subulatus* (*Murex subulatus* Brocc. = *Columbella nassoides* Bell.),
† *Pyrula ficoides* (? Lam. = *Ficula intermedia* Sism.),
Pleurotoma vulpecula,
  „ *sp.*

Wir verlassen jetzt das Küstengebiet bei Sueidîje und wenden uns landeinwärts gegen ONO. Auf dem rechten Orontesufer, aber auf der Nordseite des Djebel Mâr Sim'ân zieht sich von Sueidîje bis Antâkîje (Antiochia) eine zusammenhängende, mächtige Ablagerung von dunklem, losem, sandigem Mergel, mergeligem Sand und Sandstein, grossentheils verhüllt von einer ebenso ausgedehnten Doleritdecke. An den Gehängen der Thäler, namentlich am südwestlichen Abfall des Plateaus im N des Djebel Sim'ân gegen die

1) Die jetzt nicht mehr innerhalb des Mittelmeeres vorkommenden Arten sind hier wie auch in allen späteren Listen durch ein vorgesetztes † kenntlich gemacht.

Küste treten diese petrefaktenhaltigen Schichten unter der Doleritdecke zu Tage. Da wo der Weg von Sueidîje nach Antâkîje hinter dem Dorfe 'Ain Djerab zur 128 m hohen Passhöhe zwischen dem Nahr Fughor und dem Böjük Kara Tschai aufwärts steigt, beobachtete ich in den losen Mergelsanden eine reiche Fülle wohlerhaltener Molluskenschalen. Diese Schichten reichen am dortigen Gebirgsweg bis etwa zu einer Meereshöhe von 120 m, wo dann über ihnen der Dolerit folgt. Gesammelt wurden folgende Arten:

Polystomella crispa Lam.
Ostrea cochlear Pol.
„ sp. glatt,
„ sp. gerippt, klein,
† *Pecten syriacus* Blanck.[1]),
† „ *flabelliformis* v. *concava* n.[1]),
Pinna sp.,
† *Arca turonica* Duj.,
„ *diluvii* Lam. häufig,
„ *lactea* L.,
† *Limopsis aurita* Brocc.,
Nucula nucleus L. häufig,
Leda pella L.,
Axinus cf. *ferruginosus* Forb. sp. ?
† *Lucina multilamellata* Desh.,
„ cf. *transversa* Bronn,
Cardium echinatum L.,
Venus multilamella Lam. sehr häufig,
† *Tapes vetula* Bast.,
Tellina planata L.,
Mactra triangula Ren.,
Corbula gibba Ol. häufig,

Dentalium sp. glatt,
Rissoa sp.
Natica Dillwyni Payr.,
„ *Josephinia* Riss sehr häufig,
† *Niso eburnea* Riss.,
Cerithium vulgatum Brug. häufig,

1) Nähere Beschreibung vergl. im paläontol. Theil dieser Arbeit.

† *Strombus coronatus* DEFR.,
† *Ficula intermedia* SISM. ?
† *Nassa Olivii* BELL.[1]),
† „ *transitans* BELL.[1]),
† „ *acuta* n. sp.[1]),
Cancellaria cancellata LAM.,
† *Pyrula cornuta* AG.,
† *Pleurotoma* (*Mangelia*) *novemcostata* n. sp.[1]),
† *Terebra fuscata* BROCC.,
Conus ventricosus BRONN häufig,
† *Bulla crassitesta* n. sp.[1]).

Vergleicht man diese Fauna mit der von AINSWORTH gegebenen Fossilienliste, so fällt in anbetracht der gegenseitigen Nähe der Fundorte die sich ergebende Verschiedenheit auf, welche der Annahme, dass beide Vorkommnisse der gleichen Zeit, nämlich dem Mittelpliocän angehören, scheinbar widerspricht. Drei Arten, die beiden Faunen gemeinsam sind, *Tellina planata*, *Mactra triangula* und *Cerithium vulgatum* können bei ihrer allgemeinen Verbreitung in Neogenschichten wie im heutigen Mittelmeer kaum in Betracht kommen. Eine um so grössere Rolle fällt beim Vergleich der hier wie dort genannten *Ficula*-Art zu. *Ficula intermedia* ist bis jetzt allein aus den Subapenninschichten Italiens, speriell Mittlerem Pliocän, bekannt. Auch ganz abgesehen von der hier nicht ganz sicheren Artbestimmung beweisst schon an und für sich die Anwesenheit eines Vertreters der Gattung *Ficula* mit Bestimmtheit, dass die betreffenden Schichten nicht jünger als mittelpliocän sein können. Denn mit der Oberpliocänzeit hat sich diese wie auch die ebenfalls hier vertretenen Gattungen *Terebra* und *Pyrula* (im engeren Sinne) aus dem Gebiete des Mittelmeeres in südlichere Breiten des Oceans zurückgezogen. Ausser *F. intermedia* ? freilich fehlen die von AINSWORTH aufgezählten wenigen ausgestorbenen Arten an dem von mir ausgebeuteten Fundorte und werden durch 15 andere nicht mehr im Mittelmeer lebende Arten ersetzt. Unter letzteren kommt der grössere Theil in gleicher Weise in miocänen wie in pliocänen Ablagerungen vor; andere wie *Pecten flabelliformis*, *Natica Dillwyni*, *Nassa Olivii* treten zum ersten Male im Mittelpliocän oder den Subapenninschichten auf. Man

---

1) Nähere Beschreibung vergl. im paläontol. Theil dieser Arbeit.

darf wohl den Gegensatz der beiden Faunen, ganz abgesehen von der wahrscheinlichen Revisionsbedürftigkeit der AINSWORTH'schen Liste, ohne Bedenken auf Faciesverschiedenheiten innerhalb einer Meeresbucht zurückführen, um so mehr als wir demselben schnellen Wechsel in der Pliocänfauna auch ferner begegnen.

Auf dem weiteren Wege nach Antâkîje auf dem rechten Orontesufer hatte ich etwa $1^1/_2$ Stunden südwestlich von der Orontesbrücke in Antâkîje eine zweite Gelegenheit zum Sammeln von Petrefakten. An einem kegelförmigen Hügel, der nach Art der sogenannten Spitzkopjes Südafrikas von einem isolierten Stück jener oben erwähnten Doleritdecke gekrönt wird, treten unter letzterer grünlich graue, grobe, buntkörnige, schiefrige Sandsteine von geringer Konsistenz mit mergeligem Bindemittel hervor, welche enthielten:

Solenastraea cf. *manipulata* REUSS, ein abgerundetes geröllartiges Stück, vermuthlich aus älteren, miocänen Schichten der Umgebung eingeschleppt.

Ostrea cochlear POL.,
† „ *orontesensis* n. sp.[1]),
† „ cf. *Gingensis* SCHLOTH[1]),
† *Pecten flabelliformis* v. *concava* n.[1]),
Nucula nucleus L.,
† *Leda fragilis* CHEMN.,
Chama sp.,
† *Lucina columbella* LAM häufig,
Cardium echinatum L.,
Corbula gibba OL.,
Neaera costellata DESH.,
† *Dentalium sexangulare* DESH.,
„ sp.,
Turritella communis RISS. var.,
Melanopsis cf. *maroccana* CHEMN. emend. BOURG.[1]),
„ *minor* n. sp.[1]) häufig,
Nassa semistriata BROCCH.[1]) häufig,
Chenopus pes pelicani L. häufig.

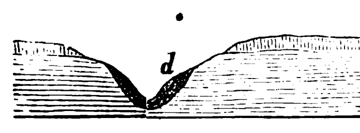
Die relativ geringe Zahl von Gastropoden, das Auftreten grösserer Austern und Chamen weisst im Gegensatz zur letztbe-

1) Vergl. d. paläont. Theil dieser Arbeit.

schriebenen Faunula auf eine vollständig litorale Facies hin, der höchstens *Neaera costellata*, heute ein Bewohner grösserer Meerestiefen, zu widersprechen scheint. Die Melanopsiden, Süsswasserschnecken, zeigen keine andere Erhaltungsart als die daneben vorkommenden echt marinen Formen. Trotzdem muss man sie wohl für eingeschwemmt halten durch einen damaligen Küstenfluss, der, etwa vom Amanus Mons herabkommend, in unmittelbarer Nähe mündete.

Jungtertiäre marine Sandsteine, Konglomerate und Mergel mit weissen Kalkkonkretionen umsäumen noch weithin den SO- und O-Fuss des Amanus und bilden den Untergrund der Ebene nördlich Antâkîje. Die Art und Weise der Lagerung dieser Schichten, ihr regelmässiges Zutagetreten unter der ausgedehnten Doleritdecke an den Einschnitten der Flussthäler in die gleichförmige Hochebene wird durch folgendes häufig wiederkehrendes Profil, das speziell ca. 1 Stunde westsüdwestlich Antâkîje aufgenommen ist, veranschaulicht:

Fig. 1.



up = Pliocänmergel mit Kalkstein-konkretionen. D = Doleritdecke. d = Diluviales Konglomerat mit viel Doleritgeröllen.

Die Ausdehnung der Mittelpliocänschichten auf dem rechten Orontesufer können wir vorläufig bis in die Gegend von Pagrae, jetzt Bakrâs, vermuthen [1]). Freilich liegen für diese Gegend im N des Orontes keine weiteren Fossilfunde vor, welche die Existenz echt marinen Mittelpliocäns erst sicher stellen würden. Nur von einem grossen *Hinnites Dubuissoni* Sow. (= *H. Cortesyi* Defrance [2]), einer Art bekannt aus dem englischen Coralline Crag und dem Unterpliocän von Cypern), welchen ich in der Luschan schen Sammlung [3]) von Fossilien aus der Gegend von Antâkîje ohne specielle Fundortsbezeichnung vorfand, liesse sich annehmen, dass er wie der grössere Theil der von v. Luschan gesammelten Miocänfossilien [4]) im N genannter Stadt in der ʻAmk-Ebene oder an deren Rand gefunden wurde.

Auf das linke Ufer des Nahr el-ʻÂsî treten die Pliocänschichten erst oberhalb es-Sunnenîje c. 11 km unterhalb Antâkîje über. Das Pliocänmeer bildete hier bei Bêt el-Mâ (= Wasser-

1) Russegger: Reisen in Europa, Asien und Afrika I. 1. p. 466.

2) Vergl. Wood: Crag Mollusca. II. p. 19 t. III.

3) im K. Museum für Naturkunde zu Berlin.

4) Vergl. meine Abh.: Das marine Miocän in Syrien p. 9 (597).

haus) eine kleine südliche Bucht mindestens bis zu diesem heute aus etlichen Mühlen bestehenden Flecken, der eine Höhe von c. 180 m über dem Meeresspiegel erreicht, und lagerte in derselben graugrünliche, thonige oder sandige, weiche Mergel ab, welche später durch eine mächtige Kruste von diluvialen Süsswasserkalken geschützt wurden. An der Nordwand der reizenden, wasserreichen tiefen Thalschlucht von Bêt el-Mâ sind die thonigen Mergel unter der Kalkdecke am besten aufgeschlossen. Dort führen sie:

Ostrea cochlear Pol.,
Amussium cristatum Bronn sp.,
† *Limopsis aurita* Brocc., sehr häufig,
† *Dentalium fossile* L.,
† „ *sexangulare* Lam.,
Turritella subangulata Brocc.,
Natica helicina Brocc.,
Murex fistulosus Brocc.,
Melanopsis laevigata Lam.

Die grösste direkt beobachtete Höhe dieser Pliocänlager bei Bêt el-Mâ beträgt etwa 190 m über dem Meere. Dem Auftreten „grauen tertiären Sandsteins“ „auf den Höhen der Berge“ längs des Gebirgsweges von Antâkîje nach Lâdiķîje, wovon Russegger[1]) spricht, möchte ich vorläufig einige Zweifel entgegensetzen.

Von Bêt el-Mâ an umranden die pliocänen Mergel und Sandsteine in fast ununterbrochener Folge den Fuss des ganzen nördlichen und nordöstlichen Abfalls des Djebel el-Kuṣair, auf Serpentinen oder auf Miocän auflagernd. Fraglich ist das Alter des Gypses im N von Bêt el-Mâ dicht am Orontes, wo derselbe zwischen Thonen und Mergeln, die nach Ainsworth[2]) merkwürdigerweise Cycladen und andere Süsswassermuscheln führen sollen, auftritt. Fast möchte ich mich der Ansicht zuneigen, dass diese angeführten Cycladen etc. den am untern Orontes in jener Gegend auftretenden Diluvialablagerungen, meist Konglomeraten (vergl. Profil Fig. 1) entstammen, welche z. B. bei Antâkîje deutlich diskordant direkt auf dem Pliocänsandstein ruhen und sehr reich an den verschiedensten Süsswasserkonchylien, namentlich der Gattung *Corbicula*, sind. Die Gypse und begleitenden Thone können hingegen sehr wohl pliocänen Alters sein.

1) l. c. I. 1. p. 448.
2. l. c. p. 111.

In der Mitte zwischen Antâkîje und Djisr el-Hadîd (= Eisenbrücke) auf dem linken Orontesufer sieht man am sogenannten Bâb el-Haua (= Wetterthor), einem Einschnitt der alten Römerstrasse, die grünlichen Mergelsandsteine wechseln mit kalkigem Lehm, der weisse Kalkkonkretionen enthält, und kalkigem Konglomerat. Sämmtliche Gesteine enthalten grössere Austern:

† *Ostrea orontesensis* n. sp.
† „ cf. *Gingensis*, Schloth. sowie vereinzelt
† *Dentalium entalis* L.

Auch auf der Ostseite des Djebel el-Kuṣair ziehen sich längs des hier südnördlich gerichteten Orontesthales offenbar marine pliocäne Schichten noch eine Strecke weit aufwärts. Denn Ainsworth sah hier deutlich geschichtete Sandsteine und Thone mit Ostreen. Leider bleibt die südliche Grenze ihrer Ausdehnung zweifelhaft. Ich selbst konnte von el-Ja'kûbîje oberhalb Dêrkûsch an, wo ich, von Antâkîje kommend, die Orontesthalebene wieder betrat, über Djisr-esch Schughr bis zu den Quellen des Orontes nirgends mehr zweifellose Spuren marinen Pliocäns entdecken. Im Gegentheil ist die Annahme gerechtfertigt, dass in der Gegend des heutigen mittleren Orontes von Kal'at Sedjer bis Djisr esch-Schughr gegen das Ende der Pliocänperiode (etwa während des Oberpliocäns) ein grosser Süsswassersee existierte. Pliocänschichten mit marinen Fossilien gelang es indess bis jetzt weder unter noch über diesen petrefaktenreichen lakustren Bildungen zu ermitteln.

Ueber die Ausdehnung der nördlichen Bucht des Mittelpliocänmeeres nach O fehlen genauere Nachrichten. Von dem Auftreten jungtertiären Sandsteins bei Armenas, einem Orte auf der Ostseite des Djebel el-A'lâ nach welchem Russegger überhaupt diese weitverbreitete Ablagerung als den Sandstein von Armenas bezeichnet, finden wir bei Russeggers einzigem Gewährsmann für diese Gegend Ainsworth nirgends[1]) eine diese Deutung zulassende Aeusserung. Beachtenswerth ist dagegen Ainsworths Notiz[2]) bei Beschreibung des „territory of the Upper 'Afrîn" vom Vorhandensein eines dünnschiefrigen „Ostracite sandstone about six miles (= 4,6 km) from Killiz" (bei Russegger p. 460 unrichtig übersetzt:

1) weder auf l. c. p. 295 noch auf p. 309.
2) p. 296.

„ungefähr 3 Stunden westlich von Kilis“) welcher den harten Kalksteinen im W von Killiz aufliegen soll. Es ist „ein thonig kieseliges Gestein, leicht zerreiblich und von grobem Korn. Dieser Sandstein bildet eine doppelte Reihe von niedrigen abgerundeten Hügeln längs dem Ufer des Afrin.“ Wenn diese Schichten wirklich noch dem Mittleren Pliocän zufielen, so müsste an dieser Stelle am mittleren ʻAfrîn das Meer 4—500 m über seinem heutigen Niveau gestanden, beziehungsweise das Innere Nordsyriens im Gegensatz zur Küste seitdem sich um ebenso viel gehoben haben. Ich selbst habe weder im W von Killiz am ʻAfrîn, noch auch an dessen Unterlauf deutliche Spuren des vom untern Orontes beschriebenen Pliocänsandsteins wahrgenommen. Doch wäre es immerhin nicht auffallend, wenn das Pliocänmeer auch in diesem östlichen Theil der alten Miocänbucht noch theilweise vorgedrungen wäre, seine wenig widerstandsfähigen Sedimente aber, hier nicht durch eine Doleritdecke geschützt wie bei Antâkîje, zum grössten Theil — so längs meiner Reiseroute — der späteren Denudation zum Opfer gefallen wären. Eins scheint mir festzustehen, dass in der Mittelpliocänzeit wenigstens die Niederung el-ʻAmḳ von salzigen Gewässern überfluthet war, und die von Ainsworth erwähnten dortigen Süsswasserablagerungen einer späteren Zeit angehören von dem Rückzuge dieses letzten Meeres an bis zur Jetztzeit.

3) Das Pliocänbecken von Lâdikîje am nördlichen Nahr el-Kebîr.

Geschichtliches: Die häufigen Fossilreste (des Pliocäns) in der Umgegend von Lâdiḳîje erregten zuerst die Aufmerksamkeit des Reisenden Thomson[1]) auf seinem Wege nach Bahlûlîje. — Auf seine Bemerkungen scheint sich Socin zu stützen bei folgender Notiz in Bädekers „Syrien und Palästina“ 1880 p. 450: „von Lâdiḳîye reitet man über eine Ebene mit niedrigen Höhen reich an Petrefakten.“ — Fraas, der selbst Lâdiḳîje nicht besuchte, führt[2]) diese Lokalität als Fundpunkt zweier typisch miocäner Leitfossilien, *Ostrea crassicostata* Sow. und *Pecten Besseri* Hörn. an. Vermuthlich stützt sich die Angabe auf von Fraas gesehene Exemplare in der Sammlung des Beirûter American College, in

1) Bibl. Sacra V. 1845, p. 262.

2) Geologisches aus dem Libanon. Württemb. naturw. Jahresh. 1878, p. 361.

welcher achweislich Etiquettenverwechslungen und Irrthümer mehrfach vorgekommen sind und deshalb die Fundortsbezeichnungen nicht immer Vertrauen verdienen. Miocäne Ablagerungen sind mir in der Gegend von Lâdiķîje anstehend nicht bekannt. Dagegen könnte eine *Megerleia truncata* L., die ich als „*Terebratula inflexa* DESH. Ladikiyeh v. LEWIS ges.“ in der FRAASschen, Sammlung in Stuttgart vorfand, sehr wohl aus dem dortigen Pliocän stammen.

POST[1]) machte die Tertiärablagerungen von Lâdiķîje zum Gegenstand einer kurzen Mittheilung, leider ohne ein einziges Fossil mit Namen aufzuführen. „Seiner Beschreibung nach begegnet man hier in einer Höhe von 150—250′ (= 46—76 m) und selbst in noch bedeutenderem Vertikalabstand von dem heutigen Niveau des Seespiegels Ablagerungen von zähem Lehm, sowie Konglomeraten, welche eine noch gegenwärtig im mittelländischen Meer lebende Muschel- und Korallenfauna führen.“ In der Sammlung des Beirûter College sind übrigens die Belegstücke POSTS, eine prächtige Suite wohlerhaltener Konchylien[2]), mit der Bezeichnung „Pliocene marl. Ladikieh“ versehen. — Auch Herrn Dr. DIENER[3]), der diese Petrefakten dort besichtigte, schienen dieselben „für ein höheres Alter“ als das der jüngsten Epoche „zu sprechen.“

Die dritte bemerkenswerthe Bucht, in welcher das Mittelpliocänmeer nach O die heutige Küstenlinie Syriens überschritt, war die von Lâdiķîje am nördlichen Nahr el-Kebîr (= grosser Fluss). Es ist von einer gewissen Bedeutung für das Verständniss eingreifender Vorgänge in der geologischen Vergangenheit Syriens, dass diese Bucht sich gerade an der Grenze zweier in ihrem Bau und ihrer Erstreckungsrichtung von einander verschiedenen Gebirgssysteme befindet, dem Djebel el-'Ansêrîje oder Nusairiergebirge als nördlichstem Glied eines ganz Syrien durchziehenden Systems von Schollengebirgen und dem südlichen Vorland des Casius Mons, der selbst als äusserster Parallelzug der Tauruskette betrachtet

1) On a deposit of marine shells in the Alluv. of the Latakia Plain. Nature, 21. August 1884.

2) Korallen von Lâdiķîje habe ich in dieser Sammlung nicht gesehen.

3) Libanon, Grundlinien d. phys. Geographie u. Geologie v. Mittelsyrien. Wien 1886 p. 101.

werden kann. Der Djebel el-'Ansêrîje zeichnet sich durch eine meridionale Richtung seiner Strukturlinien aus, während im Casius wenigstens in der allgemeinen Erstreckung des Hauptkammes die SW-NO Richtung der Tauruskettten zur Geltung kommt. Den spitzen Winkel zwischen beiden genannten Gebirgen nahm die Pliocänbucht ein.

Wie weit die tertiären Ablagerungen an der Küste nach N reichen, ob über das Râs ibn Hâni hinaus nur zum Râs el-Fasori[1]), wie es mir als wahrscheinlich vorkommt, oder bis zum Wadi el-Kandîl oder gar zum Wadi Kerschisch, also direkt zum Südfuss des Bergriesen Djebel Aḳra', bleibt noch zu untersuchen. Im O wurden pliocäne Schichten am Thal des Nahr el-Kebîr aufwärts verfolgt bis zur Einmündung seines grössten linken Nebenflusses, des Nahr ez-Zarga oder Nahr Sakh el-Adjûs. Von da scheint die Ostgrenze der Pliocänbildungen sich genau an den westlichen Aussenrand des eigentlichen Djebel el-'Ansêrîje (im engeren Sinne) zu halten und längs desselben in südsüdwestlicher Richtung etwa gegen die Mündung des Nahr Rûs zu laufen.

Am Râs Ziaret und dem Hafen von Lâdiḳîje treten marine Bildungen pliocänen Alters direkt bis an die klippenreiche Küste vor. Im übrigen sind sie am Meeresstrande besonders südlich der Mündung des Nahr el-Kebîr an den Unterläufen des Nahr Snôbar, Mudîjûke, Rûs und Rumaile durch jüngere Küstenbildungen der Diluvialperiode verdeckt. Die Umgebung, der Untergrund und die Klippen des Hafens von Lâdiḳîje bestehen aus bald röthlichem, bald grauem oder gelblichem weissgeflecktem, kavernösem Kalkstein, der zahlreiche Lithothamnienreste führt. Er gleicht ausserordentlich dem Nulliporenkalk des nordsyrischen Obermiocäns von Seleucia Pieria, aber er führt ausser *Cerithium scabrum* Ol. als bezeichnetes Leitfossil *Pecten jacobaeus* L., dessen Schale ich selbst auf einer vorspringenden Klippe des Hafens schlug. Auf dem Hügel im S des Hafens am Râs Ziaret wird dieser feste Kalkstein von lockeren Kalken der Quartärperiode? bedeckt. Der Nulliporenkalk ist der allgemeine Baustein der Stadt Lâdiḳîje, deren Weichbild vollständig pliocäne Schichten zur Unterlage hat. Vor dem östlichen Stadtthore steht grauer Kalk und Mergel mit vereinzelten Einschlüssen älteren Kalkes an, ferner Kalkkonglomerat und Breccie

---

1) unter 35° 40' n. Br.

mit Geröllen oder Trümmern von Serpentin und einem noritartigen Grünstein, der vorherrschend aus rhombischem Pyroxen besteht.

An einem Einschnitt des Weges, welcher von hier zur Brücke über den unteren Nahr el-Kebîr führt, fand ich 15 Minuten vom O Thore folgenden Aufschluss:

3 m ungeschichteten, knolligen Kalk, wesentlich bestehend aus dicht gedrängten grauweissen lösskindelartigen Konkretionen, die durch braune sandige Kalkmasse locker verkittet sind. (Steinkerne von *Strombus* und *Cardium*).

Darüber dünngeschichteten sandigen Kalk und feines Konglomerat mit kleinen Feuersteinen und Schalen von Austern und andern Konchylien (*Anomia costata* Brocc. und *Cardium edule* L.)

Das herrschende Gestein der Felder (unter der Humusdecke) und sämmtlicher niedriger Hügel direkt im O der Stadt ist graue feste dichte Kalkbreccie oder Konglomerat mit eckigen oder abgerundeten Fragmenten von Feuerstein, Hornstein, Jaspis, Kalk, Grünstein und zahlreichen Molluskenschalen, die durch ein hartes Kalkzement dicht verbunden sind. Aus Blöcken dieses Gesteins erhielt ich:

Pectunculus sp. häufig,
Venus multilamella Lam.,
Cardium tuberculatum L.,
Cardium edule L. häufig,
† *Tellina elliptica* Brocc.,
„ *donacina* L.,
„ *nitida* Poli,
Donax trunculus L.,
„ *venusta* Poli (= *vittata* Lam.),
Corbula gibba Ol. häufig,
Trochus patulus Bronn,
Conus mediterraneus Brug.,
† *Dentalium sexangulare* Desh.,
† „ *elephantinum* Desh. (= *rectum* Gmelin),
„ *dentalis* L.
† „ *mutabile* Dod.,
Serpula sp.

In dieser Liste erscheint im Gegensatz zu dem beschriebenen Pliocän des Orontesthals nur ein geringerer Procentsatz ausgestorbener Arten, nämlich folgende: *Tellina elliptica*, *Dentalium sexangulare*,

elephantinum und *mutabile.* Aber diese vier weisen doch entschieden mehr auf Mittel- als auf Oberpliocän hin, da sie in den echten Subapenninschichten oder dem Astien von Castelarquato, Gerace, Messina und Corfu ihr eigentliches Lager haben, wenn sie auch sämmtlich mehr oder weniger vereinzelt schon im Miocän auftreten, *Dentalium elephantinum* andererseits noch bis in das Oberpliocän (im Red Crag Englands) reicht.

Die flache Bodenerhebung, welche sich im NO von Lâdiḳîje zwischen Nahr el-Kebîr und Wadi Kandîl in nordöstlicher Richtung fortzieht, dürfte sich in ihren höheren Theilen von Skûbîn an aus älterem Gebirge, cretacischen Sedimenten mit Grünsteindurchbrüchen zusammensetzen. Erst in der Nähe des Nahr el-Kebîr-Thales werden diese Gebilde von den Absätzen der Pliocänbucht verhüllt: dunklen, groben, horizontal geschichteten Sandsteinen, aus denen die Tafelberge an beiden Uferseiten bestehen. Auf einem solchen des rechten Ufers ist Dorf el-Djindîje gelegen. Aufwärts bei Restîn treten wieder weisse Kalkmergel der obersten Kreide mit Grünsteingängen diskordant unter dem Pliocänsandstein zu Tage und der Fluss windet sich weiter oberhalb in engerer unpassierbarer Thalschlucht durch die cretacischen Schichten. Erst nachdem man auf der linken Uferseite über Bahlûlîje bergan steigend bei Safḳûn auf einem 261 m hohen Passe den in die hügelige Niederung des untern Nahr el-Kebîr vorgeschobenen Gebirgsriegel, der sich ganz aus cretacischen Schichten aufbaut, überschritten hat, zeigt sich bei Chân Ahmed Hamâde (90 m) (= Crusia MANNDRELLS = Ghafâr Awenad NIEBUHRS) die Umgebung desselben Flusses wieder niedriger und setzt sich vorherrschend aus Pliocänschichten zusammen. Zu beiden Seiten des Thales erscheinen wieder Tafelberge aus horizontalen Pliocänschichten, steil zum Nahr el-Kebîr abfallend. Sie stellen sich als Stücke eines ausgedehnten Tafellandes von 130 bis höchstens 200 m Höhe dar, die nur durch Thaleinschnitte von einander getrennt sind. Das Liegende der Pliocänschichten, die Obere Kreide, befindet sich hier in Folge einer breiten grabenartigen Einsenkung viel tiefer als weiter unterhalb in Safḳûn, und tritt nur zuweilen über dem Flussniveau zu Tage. Das Pliocän setzt sich zusammen aus lokern, kavernösen Kalken, Konglomeraten, bräunlichgelben, sandigen Mergeln mit vielen weissen Kalkkonkretionen und schiefrigem Kalksandstein.

Dieses stark erodierte Tafelland erstreckt sich von dem

ganzen nordost-südwestwärts gerichteten Unterlauf des Nahr el-Kebîr an südlich über die Flussgebiete des Nahr Snobâr, Nahr Mudîjûke und Nahr Rûs und vielleicht noch weiter. Nur nahe der Mündung genannter Flüsse werden die Pliocänschichten durch mächtige, quartäre, kalkige Küstenbildungen und Dünen ersetzt. Die neue Landstrasse von Lâdiḳîje nach Hamâ führt nach Ueberschreitung des Nahr el-Kebîr mitten durch dieses niedrige Tafelland. In den dortigen, mit schiefrigen Sandsteinen abwechselnden kalkigen Pliocänbildungen fand ich *Patella caerulea* L.

Reverend GEORGE E. POST sammelte an verschiedenen Stellen in Höhe von 150—250 engl. Fuss, namentlich aber bei 3 Stunden Entfernung von Lâdiḳîje an einem Hügel östlich el-Kutrûje zwischen Nahr Snôbar und Nahr Mudîjûke in einem mürben, sandigen Mergel eine Menge ausgezeichnet erhaltener Fossilien, welche jetzt eine Zierde der Beirûter Sammlung bilden. Nach POSTS Bestimmungen und Etiquetten, die ich an Ort und Stelle nur einer oberflächlichen Revision unterziehen konnte, und meinen betreffenden Notizen, besteht die Suite aus folgenden Arten:

Grosse *Ostrea*,
Pecten opercularis L.,
„ *jacobaeus* L.,
† *Spondylus crassicosta* LAM.,
Arca diluvii LAM. (bei POST *A. Polii*),
Pectunculus insubricus BROCC. (= *P. pilosus* nach POST),
Leda sp.,
† *Chama squamata* DESH.,
Cardita sp.,
Cardium edule L. (und *rusticum* L.),
„ *echinatum* L.,
† *Venus fasciata* DON.,
† *Dentalium elephantinum* DESH. (= *D. Noae* bei POST),
Turbo rugosus L.,
† *Trochus patulus* BRONN,
Chenopus pes pelicani LAM.,
Strombus,
† *Cassis crumena* LAM.,
„ sp.,
† *Cassidaria echinophora* LAM. (*echinata* bei POST),
† *Nassa clathrata* BORN,

Fusus rostratus Ol.,
  „ sp.,
Euthria (*Fusus*) *cornea* L. sp.,
† *Murex torularius* Lam. (= M. *brandaris* bei Post),
† „ *conglobatus* Mich.,
  „ *erinaceus* L.,
† *Mitra* cf. *Bronni* Mich.,
Terebra sp.,
Pleurotoma turricula Brocch,
Serpula sp.

Nach einigen Duplikaten und einer kleinen Probe des sandigen Muttergesteins dieser Fauna, welche ich mit gütiger Erlaubnis des Herrn Professor Grover der Sammlung des Beiruter College entnahm, liessen sich bei nachträglicher Untersuchung folgende Fossilien bestimmen:

Polystomella crispa Lam. sp. häufig,
Spiriloculina sp.,
Pulvinulina sp.,
Textularia sp.,
Pectunculus insubricus Broc.,
Arca diluvii Lam.,
Leda sp.,
Cardium echinatum L.,
Venus ovata Penn.,
† *Dentalium elephantinum* Desh.,
  „ *rubescens* Desh.,
† *Rissoa* cf. *sculpta* Phil.,
Cerithium scabrum Ol.,
  „ *spina* Partsch,
Ringicula buccinea Desh.,
Bulla miliaris Brocch.,
Diacria trispinosa Les.

Unter sämmtlichen aus dem Pliocänbecken von Lâdîḳîje namhaft gemachten Arten gehört der grösste Teil noch heute dem Mittelmeere an. Bei vielen, z. B. der Pteropodengattung *Diacria*, fällt ihr erstes Erscheinen nach dem bisherigen Stand der Kenntnisse in die Pliocänperiode, andere finden sich auch schon im Miocän vor. Nur ein geringer Prozentsatz (28%), etwa

$^1/_4$—$^1/_3$, gehört ausgestorbenen Arten an. Die letzteren weisen mehr oder weniger deutlich auf Mittelpliocän hin, so ganz besonders *Spondylus crassicosta*, die bekanntermassen in diesem Horizont zum letzten Male auftritt und die verschiedenen Dentalien, welche wie schon hervorgehoben im Mittelpliocän, der Stufe von Asti in Italien, ihr hauptsächliches, wenn auch nicht ausschliesliches Lager haben.

4) Das Pliocän bei Bâniâs am Westrand des Djebel el-'Ansêrîje.

Aus der ausgedehnten hügeligen Niederung von Lâdiḳîje gelangen wir nach S wandernd in eine schmale Küstenebene, welche in der Breite von 5—10 km. den ganzen Westabfall des Djebel el-'Ansêrîje oder Nusairiergebirges begleitet, nur im S von Bâniâs von einem aufgesetzten jungvulkanischen Gebirge unterbrochen. Unmittelbar im SO des Städtchens Bâniâs am Fusse des Nusairiergebirges und ebenso jenseits des Valaniabachs südsüdwestlich Bâniâs direkt am Meeresufer kann man an mehreren Stellen typische geschichtete Basalttuffe beobachten, welche bald den Rudistenkalken der Oberen Kreide aufliegen, bald mit groben vulkanischen Auswurfsmassen, Lapilli etc. in Berührung treten und wechsellagern. Die echten relativ feinkörnigen Tuffe sind nicht zu verwechseln mit dem von groben vulkanischen Trümmern erfüllten, kalkigen Konglomerat, kavernösem Kalk, und Geröllschichten, welche in der Gegend von Bâniâs und Marḳab eine fortlaufende Küstenterrasse von 5 bis höchstens 10 m Meereshöhe bilden und ebenfalls den rein vulkanischen Produkten aufliegen. Diese letztgenannten marinen Sedimente, welche ausser *Strombus coronatus* lauter jetzt am Strande noch lebende Konchylienarten einschliessen, sind entschieden quartär und entsprechen den an der ganzen syrischen Küste in geringer Meereshöhe verbreiteten Küstenbildungen. Die echten Basalttuffe von Bâniâs aber scheinen älter zu sein und ihre Entstehung sich direkt an die Eruption der Basalte von Marḳab anzuschliessen. Fossilien finden sich in den Tuffen leider nur spärlich:

Pecten syriacus Blanck.,
Cardium sp.

Wenn das Alter dieser Schichten am Gebirgsfusse für sich allein betrachtet immerhin noch zweifelhaft ist, so lässt sich ein weiterer Anhalt gewinnen durch das Auftreten eines weisslichen,

kalkigen Grünsandes, der gleich einer Haube den 262 m hohen Gipfel des Vulkankegels Djebel el-Arba'în zwischen Bâniâs und Kal'at el-Markab krönt. Dieser mürbe Grünsand oder Mergel schliesst theils verwitterte Fragmente vulkanischen Ursprungs, theils Fossilienreste ein:

Polystomella crispa LAM.,
Ostrea lamellosa BROCC. ?,
† *Pecten scabrellus* LAM.,
Cardium edule L.,
Venus multilamella LAM.,
Vermetus sp.

Alle Anzeichen sprechen dafür, dass diese Schichten des Djebel el-'Ansêrîje dem Pliocän des nahegelegenen Beckens von Lâdikîje äquivalent, also dem Mittelpliocän zuzurechnen sind. Damit würde auch für die Zeit Bestimmung der basaltischen Eruptionen im westlichen Nusairiergebirge ein Anhalt gewonnen sein. Letztere gingen der Mittelpliocänen Meerestransgression unmittelbar voraus, sie leiteten diesselbe sozusagen ein.

5) Die vermuthliche Pliocänbucht am südlichen Nahr el-Kebîr.

Die grosse Meereshöhe des Vorkommens mariner Pliocänschichten bei Bâniâs, 262 m, lässt darauf schliessen, dass noch an anderen Punkten der Nusairierküste Reste einer einstigen theilweisen Meeresbedeckung sich vorfinden mögen. Es wird dies auch namentlich für den Südrand des Djebel el-'Ansêrîje und die Senke zwischen ihm und dem Libanon am südlichen Nahr el-Kebîr wahrscheinlich. Sichere Funde sind hier freilich noch nicht von durchziehenden Reisenden gemacht worden. Ein vom amerikanischen Missionar THOMSON erwähntes Vorkommen jungmariner Ablagerungen am Fusse des Libanon bei dem Orte Arka am Südrand der Djûni-Ebene dürfte indess besonderer Beachtung werth sein. Nach genanntem Autor befindet sich dort „an der Südseite des Flusses (Nahr el-Arka) unfern der Brücke eine senkrechte kalkige Sandsteinklippe mit unglaublicher Menge frischer Seemuschelpetrefakten, meist aus Pecten, Cordia“ (Cardium), „Venus und anderen Arten bestehend.“

Die jüngeren quartären Meeresbildungen an den in der Nähe liegenden Theilen der Küste, so bei Batrûn an den Ruinenstätten

von Orthosia und Marathus (Amrît) bestehen im Gegensatz hierzu durchweg aus Konglomerat oder Breccie mit kalkigem Bindemittel und tuffartigem Kalkstein und enthalten nur spärlich Reste von *Pectunculus*, *Cardium*, *Conus*, *Cerithium*, *Strombus*, die dem flüchtigen Beobachter keineswegs sofort in die Augen fallen, selten hingegen einen *Pecten (polymorphus)*. Lebende Vertreter dieser Gattung sind nebenbei bemerkt an der ganzen heutigen Küste Syriens noch nicht nachgewiesen worden. Die Quartärbildungen beschränken sich auch in jener Gegend auf die Nähe der Küste, an der sie höchstens 7 m hoch emporsteigen. Kalkige Sandsteine von graugrünlicher Farbe haben wir hingegen als das verbreitetste Gebilde innerhalb der Mittelpliocänen Schichtenreihe bei Lâdiḳîje und im untern Orontesthal kennen gelernt. Der Sandstein von Arḳa könnte demnach vorderhand wenigstens eher als älteren Datums gedeutet werden. Eine genauere Untersuchung des Vorkommens wäre höchst wünschenswerth.

An dieser Stelle muss ich schliesslich der von Diener[1]) nachgewiesenen Ablagerungen der Mittelpliocänen Epoche von el-Forklus tief im Innern des Landes gedenken. Sie wurden dort mitten in der palmyrenischen Wüste am Wege von Homs nach Palmyra bei einer Entfernung von ca. 150 km von dem heutigen nächstgelegenen Ufer der Bai von Djûn Akkâr und zwar in einer Meereshöhe von 650 m angetroffen. Die von Diener in dem „grauen Letten" gesammelten Fossilien gehören nach Hörnes', Kittls und Fuchs' Bestimmungen folgenden Arten an:

† *Limopsis aurita* Brocc.,
Arca diluvii Lam.,
† *Dentalium sexangulare* Desh.,
Natica millepunctata Lam.,
Chenopus pes pelecani L.,
† *Drillia Allioni* Bell.,
† *Pleurotoma turricula* Brocc.,
† *Mitra scrobiculata* Brocc.,
† *Buccinum Hoernesi* May.,
† „ *restitutianum* Font.,
† *Cancellaria lyrata* Brocc.,
† *Turritella subangulata Brocc.*

1) Diener, Libanon. Wien. 1886. p. 49.

Die Hälfte der genannten Arten wurde wie oben ersichtlich auch in meinem nordsyrischen Mittelpliocän vorgefunden; besonders mache ich auf die bei Bêt el-Mâ massenhaft auftretende *Limopsis aurita* und das sowohl am untern Orontes als bei Lâdiķîje verbreitete charakteristische *Dentalium sexangulare* aufmerksam.

Nach meinen in Nordsyrien speziell im Gebiet des mittleren Orontes gemachten geognostischen Aufnahmen kann ich mir keinen anderen Weg denken, auf dem dies marine Pliocän der Wüste mit dem Mittelmeer und dem untern Orontesbecken in Verbindung stand, als jene Senke zwischen dem damaligen mittelsyrischen Tafelland einerseits, d. h. dem Gebiet des Libanon und Antilibanon, die noch nicht durch eine Beķâ'a getrennt waren, und dem nordsyrischen andererseits. Dass auf den mit der Entstehung der Einsenkung gleichzeitig hervorgebrochenen Basaltmassen von Homs, welche die Region des Einbruchs grösstentheils verdecken, etwaige lockere Sedimente, die, nach dem Beispiel des Grünsandes auf dem Vulkankegel el-Arba'in bei Bâniâs, während der nur kurzdauernden Meeresbedeckung lokal zur Ablagerung kamen, sich nach der bald folgenden Trockenlegung schwer erhalten konnten und den seitdem wirkenden atmosphärischen Agentien leicht zum Opfer fielen, scheint begreiflich. Heutzutage liegt die Wasserscheide im W von Homs zwischen Nahr el-Kebîr und dem Orontes, welche die Fluthen des jetzigen Oceans überschreiten müssten, um gegen die palmyrenische Wüste vordringen zu können, 510 m hoch über dem Meeresspiegel, also immer noch niedriger als jener Pliocänpunkt bei el-Forklus selbst.

6) Pliocän? an der Küste von Palästina.

Von der Westseite des Libanon sind bis jetzt keine Spuren einer pliocänen Ablagerung bekannt.

Von der palästinensischen Küste ist vielleicht der „Kalksandstein von Philistia" Hulls[1]) hierher zu ziehen, welcher von der SW Seite des Berges Karmel über Jaffa und das ganze Philisterland bis zur Bucht von el-'Arîsch die Küstenebene im Innern

---

1) Hull, E.: Mount Seir, Sinai and Western Palestine. London. 1885. p. 139 und 196.

umsäumen, dem Kreide- (und Eocän-?) Kalk aufliegen und selbst von den jungen Küstenkonglomeraten bedeckt sein soll. Doch bleibt das vorläufig nur eine Vermuthung, da HULL, der allein auf diese Schichten aufmerksam gemacht hat, keine Fossilienreste aus denselben anführt. Der Annahme HULLS indessen, dass sie noch dem Eocän angehören, vermag ich mich keinenfalls, ebenso wenig wie NÖTLING [1]), anzuschliessen.

7) Mittleres Pliocän am untern Nil und am Rothen Meer.

Die im vorhergehenden niedergelegten Ansichten über die Verbreitung von Mittleren Pliocänbildungen längs des grössten Theils der heutigen syrischen Küste finden eine bedeutende Stütze in der Thatsache des Vorhandenseins von Mittlerem Pliocän in Aegypten. Das Meer der Pholaden und des *Clypeaster aegyptiacus*, welches eine Bucht tief in das bereits vorhandene Nilthal aufwärts sandte, nachweislich bis zu Höhen von 70—76 m emporgestiegen sein muss und am Fusse des Djebel Mokattam, an den Pyramiden von Gizeh und vielen andern Punkten fossilreiche Sande hinterliess, gehört nach den neuesten Untersuchungen NEUMAYRS [2]) der Mittleren Pliocänperiode an. Damals fand, wie aus der Vermischung von Typen des Mittelländischen und Rothen Meeres in den Clypeastersanden hervorgeht, eine vorübergehende Verbindung des Mittelmeeres mit dem Rothen Meer statt, die einzige, welche überhaupt seit Existenz eines Mittelmeeres zwischen Europa, Asien und Afrika, d. h. seit Beginn der Miocänperiode, nachweisbar ist. Die Entstehung des Rothen Meeres als trennenden Wasserkanals zwischen Asien und Afrika in Folge grabenartigen Einsinkens eines Streifens der Erdrinde muss ebenso wie der theilweise Einsturz der syrischen Küste an den Anfang des Mittelpliocäns vor Existenz des Pholadenmeeres versetzt werden Mit der angeführten Höhe für das Niveau des letzteren im Nilthal stimmt diejenige der fossilen Korallenriffe, welche überall an den Abhängen des Rothen Meeres bei 200—250′ oder 60—80 m von vielen Forschern beobachtet worden sind.

---

1) Neues Jahrb. f. Miner. 1886. I, p. 429.

2) NEUMAYR: Pliocäne Meereskonchylien aus Aegypten. Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien. 1887. p. 350.

B) Paläontologischer Theil.

1) Beschreibung neuer Arten oder Varietäten.

Ostrea orontesensis n. sp.

Taf. I. Fig. 1—3.

? *Ostrea borealis* Cocconi: Enum. sist. dei Moll. etc. p. 764, t. 10, f. 16—17, t. 11, f. 9—10; non Lam.

In den marinen Sanden am untern Orontes findet sich häufig eine Auster, die abgesehen von der geringeren Grösse von *O. crassissima* kaum unterschieden werden kann und als ein im allgemeinen verkümmerter Nachkomme des miocänen Typus angesehen werden kann. Dass diese so ausserordentlich charakteristische tertiäre Austerngruppe der *O. longirostris* und *crassissima* mit dem Ende des Miocäns nicht ganz ausstarb, beweist schon die heutige Existenz der *O. virginica* Gmel. = *rostrata* Chemn. im westatlantischen Ocean, die in den wesentlichsten Beziehungen mit genannten übereinstimmt. Auch Fuchs [1]) hat in ganz jungen Meeresabsätzen des Rothen Meeres bei Suez eine Auster vorgefunden, die der *O. crassissima* vollkommen gleicht und die er nur zur Hervorhebung des Zeitunterschiedes *O. pseudo-crassissima* genannt hat.

Die vorliegenden Schalen sind sehr verlängert, dick. Der Wirbel ist schnabelförmig ausgezogen, gerade oder wenig gekrümmt. Er erreicht beinahe die Hälfte der Schalenlänge; seine grösste gemessene Länge betrug 75 mm.

Die Unterklappe ist von der Wirbelspitze bis zum hintern Ende in der Querrichtung ziemlich gewölbt. Auf der Innenseite besitzt sie zwischen ihren nahezu parallelen Seitenrändern eine breite, tiefe Rinne, die sich bis zur Schlossfläche, aber nicht darunter erstreckt und an derselben in rechtwinkliger, scharfer Kante endigt. Die sehr tiefe Bandfurche der Unterklappe nimmt schon ohne die beiderseits begleitenden Wülste die Hälfte der Wirbelbreite ein. Die einzelnen Lamellen, aus denen die Schale zusammengesetzt ist, zeigen an verschiedenen Stellen ungleiche Dicke und ungleiche Vertheilung. Während der Wirbel zahlreiche

---

1) Fuchs: Die geol. Besch. d. Landenge von Suez. (Denkschr. d. k Ak. d. Wiss. Math. nat. Kl. Wien 1877. p. 41, t. 1. f. 2.)

dichtgedrängte Lamellen und damit ein festeres Gefüge besitzt, ist die ganze Region unter dem Wirbel besonders in der Mitte der Schalenbreite viel dünnschaliger, daher die meisten jüngeren Exemplare hier zerbrochen erscheinen. Die Oberfläche der Unterschale ist flach gewölbt oder fast flach ohne Kiel und zeigt nur undeutliche schmale Faltungen der Lamellen in radialer Richtung. (vergl. Fig. 3 b.)

Die Oberschale ist flach oder nur wenig gewölbt. Auch bei ihr ist die grösste Dicke in der Wirbelgegend. Der mittlere Ligamentwulst, welcher den grössten Theil der innern Wirbelbreite einnimmt, geht in stumpfem Winkel unten in die Innenfläche über.

Vorkommen: Häufig im Mittelpliocän am Bâb el-Ḥaua auf der Römerstrasse Antâkîje — Djisr el-Hadîd = Gephyra (linkes Orontesufer), sowie im SW von Antâkîje auf dem rechten Orontesufer. — Nach Cocconi im Pliocän von Montezago (Oberitalien).

Verwandtschaft: Typische Exemplare der *O. crassissima*, wie ich sie selbst im syrischen Miocän im Grobkalk des Djebel Terbol bei Tarâbulus sammelte, unterscheiden sich von den Formen des Orontesthales durch viel bedeutendere Grösse und Dicke, stärkere Wölbung der Unterschale, dichtere Lamellenstruktur, breiten, oben gekrümmten Wirbel, in dem die Bandfurche nur $^1/_3$ der Breite einnimmt, und stumpfwinkligen Uebergang der Bandfurche in die Schalenhöhlung. — Russegger,[1] Hauer,[2] Hörnes[3] und Fischer[4] citieren mehrfach *O. crassissma* bez. *longirostris* aus dem Miocän von Cilicien an der Südostseite des Taurus. Eine zukünftige geologische Erforschung dieser Gebiete wird festzustellen haben, ob hier vielleicht wenigstens ein gewisser Theil der „Ostraeensandsteine“ Russeggers dem Pliocän angehört und als Leitmuscheln nur die beschriebenen verkümmerten Nachkommen der *O. crass.* enthält.

---

1) Russegger: Reisen in Europa, Asien und Afrika III. 1847. p. 265.

2) Hauer u. Haidinger: Ber. üb. d. Mitth. v. Fr. d. Nat. Wien IV, 1848, p. 308.

3) Hörnes u. Reuss: Foss Moll. d. Tertiärb. v. Wien, p. 458.

4) D'Archiac, Fischer et de Verneuil: Paléontologie de l'Asie Mineure. 1869, p. 253. t. 19.

Ostrea cf. **Gingensis** Schloth.

Neben voriger Art fanden sich am Bâb el-Haua Individuen von eiförmiger Gestalt mit kurzem Wirbel, die ich durch keine Uebergänge mit *O. crassissima* verbunden fand und daher vorläufig getrennt halte. Sie unterscheiden sich aber in keiner Weise von jugendlichen Exemplaren von *O. Gingensis* Schloth, einer häufigen Austernart des Miocäns, von der mir typische Exemplare aus Würtemberg (Ermingen) zum Vergleich vorliegen.

Das grösste, unten verletzte Stück mag eine Länge von 0,15 m besessen haben. Schloss 0,02—0,028 m hoch; Wirbel gerade, nicht gekrümmt. Die beiden Schalenseiten laufen an der Wirbelspitze in einem oben abgestumpften Winkel von 45—65° zusammen. Die Länge der Bandgrube ist $1^1/_2$ bis höchstens 3 mal so gross als ihre grösste Breite an der Basis. Bei Individuen der vorigen Art betrug dieses Verhältniss 3—5: 1. Muskeleindruck in der Mitte der Schale.

Pecten syriacus Blanck.

Taf. II Fig. 3.

1890 *Pecten syriacus* Blanckenhorn. Das marine Miocän in Syrien. Denkschr. d. k. Ak. d. Wiss. Math. nat. Cl. Wien. 1890, p. 611.

Klein, rundlich, fast gleichklappig etwas ungleichseitig, sehr schwach gewölbt. Eine unversehrte rechte Schale 13 mm hoch, 12 mm lang, 2 mm dick.

Oberfläche geziert mit 30 - 32 stumpfen, niedrigen Rippen, die getrennt sind durch ebenso breite Zwischenräume. Konzentrische Anwachslamellen laufen dichtgedrängt schwachwellig über die Rippen und deren Zwischenräume. Eine Theilung der Rippen durch Längsfurchen in zwei, drei oder fünf kleine Rippchen wie bei *P. compositus* Goldf., *opercularis* Lam., *scabrellus* Lam. und *Malvinae* Dub. liess sich nicht beobachten; ebensowenig zeigten sich Rippchen oder Radiallinien in den Zwischenräumen. Wie die Vergrösserung Taf II. Fig. 3b zeigt, deckt sich die Beschaffenheit der Rippen der vorliegenden rechten Schale vollkommen nur mit derjenigen bei *Pecten ventilabrum* Goldfuss, Petref. Germ. p. 67. t. 97. f. 2d. Per analogismum dürfte daher wohl auch für die Rippen der mir leider fehlenden linken Schale eine Uebereinstimmung mit denen der genannten Goldfuss'schen Art, wie diese l. c. auf. t. 97, f. 2a abgebildet sind, angenommen werden.

Ohren ganz wie bei *P. ventilabrum*, *opercularis*, *scabrellus* und *Malvinae*. Das vordere Ohr der rechten Schale flügelartig erweitert, das hintere kleiner, aber breit. Beide Ohren radial gerippt, das vordere mit 6, das hintere mit 8 Rippen, über welche konzentrische Lamellen laufen.

Verwandtschaft: Von *P. varius* L., der allein genau dieselbe Anzahl Rippen trägt, sofort durch die rundliche Form, Beschaffenheit der Rippen und Ohren etc. augenfällig unterschieden, schliesst sich *P. syriacus* mehr an *P. Malvinae* Dub., und *P. ventilabrum* Goldf. an. Folgt man der Hörnes'schen [1]) Auffassung des *P. Malvinae*, so könnten allenfalls die vorliegenden Formen als Jugendexemplare dieser Miocänart gedeutet werden. Aber selbst abgesehen von der konstant geringeren Grösse der syrischen Formen lassen sich noch andere Unterschiede wahrnehmen, die geringere Wölbung der Schale, der mehr viereckige Querschnitt und die grössere Zahl der Rippen (*P. Malvinae* des Wiener Beckens hat deren 25—30 dachförmige), vor allem aber die Ungetheiltheit der Rippen und Zwischenräumen in radialer Richtung. Bei *P. ventilabrum* zeigen die Rippen zwar dieselbe Form, sind aber in bedeutend geringerer Anzahl (17—18) vorhanden als bei *P. syr.*

Vorkommen: In mergeligem Sand auf dem rechten Ufer des untern Orontes am Wege Antâkîje — Sueidîje beim Abstieg zur Küste; desgl. in Basalttuffen in SO von Bâniâs. — Ferner im obersten Miocänkalk von Fadikîje auf dem Djebel el-Kuṣair und im Breccienkalk bei Kefr Maz südlich Katma an der Ṡtrasse Iskenderûn-Aleppo.

Vola flabelliformis v. concava n.

Taf. I. Fig. 4—5, Taf. II. Fig. 1—2.

Dünnschalig, sehr ungleichklappig, gleichseitig.

Rechte Schale kreisrund, gewölbt, Wölbung in der Mitte am höchsten, von da nach allen Seiten, auch nach dem Wirbel wie bei einem Kugelsegment abfallend. Bei 22 mm Höhe und 21 mm Länge betrug die Wölbung der rechten Schale 5 mm. Wirbel nicht eingerollt, glatt. Auf der Oberfläche werden erst bei 8 mm Entfernung von der Wirbelspitze 25 flachgewölbte

---

1) Hörnes u. Reuss: Die foss. Moll. des Wien. Tert. p. 414, t. 64, f. 5 a—c.

breite Radialrippen sichtbar, welche so dicht stehen, dass nur eine schmale Furche zwischen ihnen erscheint. Die ganze Oberfläche mit schwachen Anwachsstreifen bedeckt. Ohren gleich, fast flach, glatt.

Linke Schale kreisrund schwach konkav, aber die Konkavität liegt nicht wie bei *Vola adunca*, *Besseri*, *Leithajana*, *Burdigalensis* oben in der Nähe des Wirbels, sondern in der Mitte oder besser der untern Hälfte der Schale. Die oberflächlich glatte Wirbelgegend ragt ganz wie bei der typischen *V. flabelliformis* in flacher Wölbung ein wenig hervor. Hinter ihr aber vertieft sich der berippte Theil der Schale, welche erst gegen den Rand hin wieder aufsteigt.

Die im Querschnitt viereckig gerundeten Rippen lassen zwischen einander doppelt so breite flache Zwischenräume, die deutlich konzentrisch gestreift, in der Mitte durch eine schwächere Zwischenrippe der Länge nach getheilt sind. Nur im mittleren Theil der Schale haben die Rippen einen ganz geradlinigen Verlauf; nach den beiden Seiten erscheinen sie in Folge der Konkavität der Schale leicht nach innen gebogen. Auch die in stumpfem Winkel am Wirbel konvergierenden obern Umgrenzungslinien des Schildes zeigen sich im Gegensatz zur typischen *V. flabelliformis* schwach konkav gebogen.

Ohren nicht einfach flach, sondern zuweilen stark vertieft und durch eine scharfe Furche in zwei Theile getrennt, die hier in stumpfem Winkel auf einander treffen. Der untere schmalere Theil des Ohres nur konzentrisch gestreift, der obere, zum Schlossrand aufsteigende, dreieckige auch radial gerippt.

Verwandtschaft: Der nicht eingedrückte Wirbel der Oberschale unterscheidet diese Form hinlänglich von der nahe stehenden *V. Leithajana* und allen verwandten Volen des Miocäns und Pliocäns, auch *V. laevicosta* Seg.,[1] während die geringe Vertiefung im untern Theil der Oberschale den einzigen wesentlichen Unterschied gegen *V. flabelliformis* bildet. Doch erscheint mir letzterer nicht bedeutend genug, um als Merkzeichen einer besonderen Art zu dienen.

Vorkommen: Häufig in mergeligen Sanden und graugrünlichen Sandsteinen auf der nördlichen, rechten Seite des untern Orontesthals zwischen Antâkîje und Sueidîje.

---

1) **Seguenza: Formatione tertiare di reggio Calabria. p. 188, t. 14, f. 16.**

Lucina multilamellata Desh.

Es liegt nur ein wohlerhaltenes jugendliches Exemplar von $4^1/_3$ mm Höhe und $4^2/_3$ mm Länge vor, das aber die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der miocänen Form sehr wohl erkennen lässt. Die bei Hörnes-Reuss: Foll. Moll. Wien. Tert. p. 227 gegebene Beschreibung passt vollkommen; nur stehen die konzentrischen leistenartigen Streifen weniger gedrängt, so dass in dieser Beziehung mehr Verwandtschaft mit den französischen von Deshayes zuerst beschriebenen Exemplaren aus dem Untermiocän von Mérignac und Leognan als mit den österreichischen bestehen würde.

Vorkommen: Im Mergelsand des Gebirgswegs zwischen Sueidîje und Antâkîje im N des Djebel Mâr-Sim'ân.

Melanopsis minor n. sp.

Taf. II. Fig. 4a, b.

Melanopsis prophetarum Locard (non Bourg.) Malac. des Lacs de Tibériade d'Antioche et d'Homs. Archives du Musée d'hist. nat. Lyon. II. 1883. p. 265, t. 23, f. 52—55.

Melanopsis prophetarum v. *minor* Bourguignat: Hist. des Mélaniens. Ann. de Malacologie. Paris II. 1884. p. 99.

Klein, spindelförmig, bauchig. Grösster Durchmesser in der Mitte der Gehäusehöhe. Schale undurchsichtig, Spira kurz, regelmässig spitz kegelförmig, meist nicht korrodiert. Winkel an der Spitze 55—70°.

Umgänge $4^1/_2$—6, ganz eben oder nur schwach gewölbt. Naht fast unmerkbar oder nur wenig vertieft. Letzter Umgang sehr gross, bauchig, $^2/_3$—$^3/_4$ der Gehäusehöhe erreichend, oben flach, in der Mitte und unten regelmässig gewölbt. Sieht man bei ausgewachsenen Individuen gegen die Mündung, so erscheint links wie bei einer Spindel die grösste Aufwölbung der Schale in der Mitte der Längsausdehnung. Dieser Umstand ist charakteristisch.

Mündung oval, oben mit tiefem Kanal. Spindel am Schnabelende gegen aussen gekrümmt, abgestumpft. Der untere Rand der Mündung reicht noch unter das Spindelende hinab, dann geht er in leichtem Bogen in den Aussenrand über. Kallosität kräftig, oben verdickt.

Höhe 7—12 (bei Locard 16) mm, Breite 4—$6^1/_2$ (bei L. 8) mm, Mündung 5—$8^1/_2$ (bei L. 10) mm hoch.

Verwandtschaft und Vorkommen: Diese Form, welche ich

ausser im marinen Mittelpliocän auch in lacustren Pliocän- und Quartärbildungen Nordsyriens angetroffen habe und die nach LOCARD noch heute im See von Antiochia lebt, könnte allenfalls für eine bauchige, zwerghafte Varietät der *M. laevigata* LAM. oder einen Jugendzustand von *M. prophetarum* BOURG. gehalten werden. Dem gegenüber sei hervorgehoben, dass wenigstens sämmtliche von den verschiedenen Punkten mir vorliegenden Exemplare theilweise schon bei 10 mm Höhe dieselbe Anzahl (6) Windungen erkennen lassen, wie sie *M. prophetarum* nach BOURGUIGNAT erst in ausgewachsenem Zustande (20—22 mm Höhe) besitzen soll. Da letztere Art bis jetzt aus Nordsyrien nicht bekannt geworden ist, könnte die vorliegende Form immerhin als lokaler fossiler wie lebender Vertreter derselben im Orontesgebiet aufgefasst werden.

Von den nahestehenden Zwergformen *M. saharica* BOURG. und *sphaeroidea* BOURG. aus der Gruppe der Praemorsiana, die beide lebend im Orontesgebiet angeführt werden, unterscheidet sich *M. minor* durch grössere Zahl der Windungen, stärkeres Hervortreten der selten korrodierten Spira, regelmässigere konische Zuspitzung der oberen Hälfte des Gehäuses und grössere Flachheit im oberen Theil der letzten Windung; von *M. minutula* BOURG [1]) andererseits durch relativ geringere Zahl der Windungen (bei *M. minutula* 8—9), kürzere Spira und grössere Höhe des letzten Umgangs.

Die aus dem marinen Pliocän des rechten Orontesufers, (7 km unterhalb Antâkîje) vorliegenden Exemplare zeichnen sich alle vor den sonst gesammelten jüngeren Varietäten derselben Art durch ganz flache, von kaum merkbarer Naht getrennte Umgänge aus. Die ursprüngliche Farbe ist nicht mehr erhalten. Nur an einem Exemplar glaubt man undeutlich drei dunkle Bänder auf der oberen Hälfte des letzten Umgangs zu erkennen.

Melanopsis cf. **maroccana** CHEMN. sp. BOURG. emend. 1884.

Taf. II. Fig. 5.

1795 *Buccina maroccana* CHEMNITZ Conch. Cab., XI. p. 285. (pars), t. 210 f. 2078—2079 non cet.

1864 *Melanopsis maroccana* BOURGUIGNAT: Malacol. Algérie, II. p. 257 (pars) t. 15, f. 12—14.

---

1) Nach NÖTLINGS Auffassung: Ueb. d. Lagerungsverh. ein. quart. Fauna i. Gebiete d. Jordanthals. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1886 p. 816. t. 23. f. 5.

1884 *Melanopsis maroccana* Bourg. Histoire des Mélaniens. Ann. de Malacologie. Paris II. p. 99.

Gehäuse dickschalig, oblong eiförmig. Spitze korrodiert. Ergänzt 5—6 hohe Umgänge, langsam zunehmend, fast flach, nur unmerklich gewölbt. Der letzte Umgang oblong mit sehr stumpfer Kante unter der obern Naht, an der Seite abgeflacht, im untern Theil sanft gewölbt und allmählich gegen die Columella abfallend. Mündung birnförmig, oben mit tiefem, schmalen Kanal. Spindel gegen die Mündung umbiegend. Kallus kräftig, oben zu einem rundlichen Knoten anschwellend.

Das vorliegende einzige Exemplar, an dem die Spitze, wie auch der Schnabel unten abgebrochen ist, hat noch die Höhe von $18^1/_2$ mm. Der letzte Umgang ist, soweit erhalten, $11^1/_2$ mm hoch und 8 mm breit. Auch wenn die Spitze (2 Umgänge) ergänzt wird, dürfte die Höhe des letzten Umgangs diejenige der Spira übertreffen.

Verwandtschaft: Die schlechte Erhaltung, besonders das Fehlen der bei *M. maroccana* so charakteristisch beschaffenen Mündungsbasis macht eine genaue Bestimmung unmöglich. Soweit der Charakter der Form erkennbar, verweist er entschieden auf *M. maroccana*, so wie Bourguignat diese Art neuerdings auffasst, über deren Trennung von *M. praemorsa* oder *praerosa* L. und *laevigata* Lam. ich mich der Auffassung dieses ausgezeichneten Conchyliologen vollständig anschliesse. Besonders charakteristisch erscheint mir im Gegensatz zu den letztgenannten Arten die geringe Wölbung der Basis des letzten Umgangs, wie auch die ausgezogene Gestalt der Spira mit hohen langsam zunehmenden Windungen, kurz die nach beiden Enden verlängerte, ausgezogene Gestalt wie sie Bourguignats citierte Abbildungen zeigen.

Vorkommen: Mit voriger Art zusammen im Mittleren Pliocänsandstein des untern Orontesthals am rechten Flussufer. — *M. maroccana* kommt lebend nach Bourguignat im ganzen Mittelmeergebiet vor, namentlich allerdings im Westen. In Asien existiert nur die Varietät *media* von mittlerer Grösse, der auch das vorliegende Exemplar entspricht.

Nassa semistriata Brocchi.

Von dieser veränderlichen und vielgestaltigen Formengruppe gelang es, eine grössere Anzahl Individuen von zwei verschiedenen Fundpunkten des mittelpliocänen Mergelsandes zwischen Antiochia und Seleucia Pieria zu sammeln. Sämmtliche Exemplare zeigen

auf den obern Windungen nur eine Spiralfurche nahe der obern Naht. Die Schwiele der Innenlippe ist stets weit vorgezogen, wie das speziell den pliocänen Formen aus Italien eigen ist, bei miocänen aber weniger beobachtet wird.

Unter den von BELLARDI[1]) als Arten unterschiedenen Formen dieser Verwandtschaft liegen mir drei vor, die wenigstens theilweise durch Uebergänge mit einander verbunden sind und daher auch als Varietäten aufgefasst werden können:

1) *Nassa semistriata* BROCC., Typus BELLARDIS l. c. p. 361, t. 9, f. 14.

2) Zwischenform zwischen dieser und *N. Olivii* BELL. p. 367, t. 9, f. 10, unmerklich schlanker als erstere, aber nicht ganz so schmal als letztere.

3) *N. Olivii* BELL. l. c., bis jetzt nur aus italienischem Pliocän bekannt.

4) *N. transitans* BELL. p. 260, t. 9, f. 15, mit Längsrippen auf der obern Windung; nach BELLARDI im Obern Miocän Italiens.

1) – 3) sind häufig im mittelpliocänen Sande 7 km SW Antâkîje, 3) und 4) in der Nähe von 'Ain Djerab östlich Sueidîje.

Nassa acuta n. sp.

Thurmförmig bis spitz kegelförmig. Gewinde ganz regelmässig. Gehäusewinkel 43°. 10 Windungen, wenig konvex; die letzte kurz, nur $^2/_5$ der Gesammthöhe erreichend, vorn eingedrückt. Nähte wenig tief.

Oberfläche der oberen Windungen mit 7—8 Spiralreifen versehen; auf der letzten Windung deren 16, von denen die mittleren undeutlich und erst an der Mündung wieder schärfer hervortreten, Querrippen nur auf den 8 ersten Windungen vorhanden, auf der sechsten zählte ich 12, auf der achten c. 17. Die beiden letzten Windungen ohne Querskulptur, nur nahe der Mündung unregelmässige Anwachsstreifen. Der letzte Umgang greift an der Mündung oben etwas auf den vorletzten über.

Mündung nicht beobachtet, vermuthlich wie bei *N. turrita* BORS. bei BELLARDI: Moll. terr. terz. Piemonte p. 302 t. 5, f. 19a aus dem Astien, welcher die vorliegende Form im allgemeinen

---

1) BELLARDI: J. Molluschi dei terreni terziarii del Piemonte ecc. (Memorie della R. Acad. di Torino. Ser. II, T. 34. 1883.)

nahe steht und von der sie wesentlich durch geringere Grösse, langsamere Zunahme und grössere Zahl der Windungen sich unterscheidet.

Höhe 22 1/2, Breite 21 mm.

Vorkommen: 7 km SW Antâkîje.

Pleurotoma (sg. Mangelia) novemcostata n. sp.

Schale eiförmig spindelförmig. 7 Umgänge, regelmässig gewölbt, ohne Kielanlage. Letzter Umgang vorn regelmässig zur Columella abfallend. Mündung etwas kürzer als das Gewinde.

Jeder Umgang mit 9 breiten, gerundeten, regelmässig gewölbten Querrippen geziert, die durch ebenso breite oder nur wenig breitere Zwischenräume getrennt sind. Ueber Rippen und Zwischenräume laufen Spirallinien, auf den obern Umgängen ungefähr 8, auf dem letzten 25—30.

Mündung schmal mit parallelen Rändern. Einbuchtung der Aussenlippe dicht unter der Naht. Spindel glatt.

Höhe 5 1/2, Breite 2 mm.

Verwandtschaft: Von der nächst verwandten *Mangelia rugulosa* Phil. des Pliocäns unterscheidet sich die vorliegende Form durch die geringe Zahl der Querrippen (bei *M. rug.* 10—11) andererseits die grössere Anzahl der deutlich erkennbaren Spiralreifen (bei *M. rug.* nur 4, auf dem letzten Umgang 12).

Vorkommen: Im mittelpliocänen Mergelsand des Gebirgspasses zwischen Antâkîje und Sueidîje im N des Djebel Mâr-Sim'ân.

Bulla crassitesta n. sp.

Taf. II Fig. 6—7.

Schale sehr dick, eiförmig, fast cylindrisch, 23 1/2 mm hoch, 16 mm breit. Ein kleineres Exemplar 14 3/4 mm lang und 10 mm breit. Gewinde ganz eingesenkt. Grösste Wölbung des letzten Umgangs im obersten Viertel, dann steiler Abfall.

Mündung länger als der letzte Umgang, beiderends abgerundet, unten erweitert. In der Richtung nach unten nimmt sie aber schon in der oberen Hälfte unmerklich langsam an Breite zu, daher die Lippen im obern Theil nicht genau parallel erscheinen. Linker Mundrand von einer Schwiele bedeckt.

Oberfläche glatt mit sehr feinen Anwachslinien, die nur an der Mündung gröber werden.

Vorkommen wie bei voriger Art.

2) Tabellarische Uebersicht der bis jetzt im marinen Mittelpliocän Syriens vorgefundenen Fossilien[1]).

	Unteres Orontesthal	Lâdikîje	Bâniâs	El-Forklus (n. DIENER)	Vorkommen in anderen Formationen Syriens [2])	Aussersyrische Verbreitung: Miocän	Aussersyrische Verbreitung: Mittel-Pliocän	Aussersyrische Verbreitung: Ober-Pliocän	Aussersyrische Verbreitung: Lebend im Mittelmeer
Spiriloculina sp.		†							
Polystomella crispa LAM.	†	†	†			†	†	†	†
Textularia sp.		†							
Pulvinulina ? sp.		†							
		†							
Serpula sp.		†							
Megerleia truncata L. sp.	†					†	†	†	†
†[3]) *Ostrea orontesensis* BLANCK.	†								
† „ cf. *Gingensis* SCHLOTH. sp.	†					(†)			
„ *cochlear* POL.	†				m	†	†	†	†
„ *lamellosa* BROCC.			†			†	†	†	†
„ div. sp.	†	†							
† *Anomia costata* BROCC.		†				†	†	†	
† *Spondylus crassicosta* LAM. (nach POST)[1])		†				†	†		
† *Hinnites Dubuissoni* MURCH.	?						†		
† *Pecten scabrellus* LAM.	†		†		m	†	†		
„ *opercularis* L.	† ?	†			m ?	†	†	†	†
† „ *syriacus* BLANCK.	†		†		m				
Vola jacobaea L. sp.		†					†	†	†
† „ *flabelliformis* v. *concava* BLANCK.	†								
† *Amussium cristatum* BRONN sp.	†				m	†	†	†	
Pinna sp.	†								
Arca diluvii LAM.	†	†				†	†	†	†
† „ *turonica* DUJ.	†					†		?	
„ *lactea* L.	†					†	†	†	†
Pectunculus insubricus BROCC.		†			q			†	†
„ sp		†							
† *Limopsis aurita* BROCC.	†			†		†	†		
Nucula nucleus L.	†					†	†	†	†
Leda fragilis CHEMN.	†					†	†	†	†
„ *pella* L.	†					†	†	†	†
Cardita sp.		†							
† *Chama squamata* DESH. (n. POST)		†					†		
Axinus cf. *ferruginosus* FORB. sp.	†						†		†

1) Denjenigen Bestimmungen, für deren Richtigkeit ich nicht einstehen kann, ist der Name des Gewährsmannes in ( ) beigefügt.

2) In dieser Kolumne bedeutet m = Miocän, o = Oberes Pliocän, q = Quartär in Syrien.

3) Das † vor dem Namen bedeutet hier: gänzlich ausgestorben.

	Unteres Orontesthal	Lâdikîje	Bâniâs	El-Forklus (n. DIENER)	Vorkommen in anderen Formationen Syriens	Aussersyrische Verbreitung			
						Miocän	Mittel- Pliocän	Ober- Pliocän	Lebend im Mittelmeer
Lucina cf. *transversa* BRONN	†					(†	†	†	†)
„ *divaricata* L. (n. AINSWORTH)	†				m		†	†	†
„ *fragilis* PHIL. (n. AINSW.)	†							†	†
† „ *columbella* LAM.	†				m	†			
† „ *multilamellata* DESH.	†				m	†			
Cardium edule **L.**	†	†			m q	†	†	†	†
„ ***tuberculatum*** **L.**		†				?		†	†
„ ***oblongum*** **CHEMN. (n. AINSW.)**	†							†	†
„ ***echinatum*** **L.**	†	†			m	†	†	†	†
† ***Tapes vetula*** **BAST.**	†				m	†	†	†	
Venus multilamella **LAM.**	†	†	†		m	†	†	†	†
„ ***verrucosa*** **L. (n. AINSW.)**	†						†	†	†
„ ***fasciata*** **DON. (n. POST)**		†					†	†	†
„ ***ovata*** **PENN.**		†				†	†	†	†
Donax trunculus **L.**		†			o				†
„ ***venusta*** **POL.**		†				†	†	†	†
† ***Tellina elliptica*** **BROCCH.**		†					†		
„ ***donacina*** **L.**		†				†	†	†	†
„ ***nitida*** **POL.**		†			o				†
„ ***planata*** **L.**	†				m	†	†	†	†
Solecurtus candidus **REN. (n. A.)**	†								†
Mactra triangula **REN.**	†				o	†	†	†	†
Corbula gibba **OL.**	†	†			m o	†	†	†	†
Neaera costellata **DESH**	†						†		†
Clavagella aperta **SOW. (n. A.)**	†					?			†
† ***Dentalium sexangulare*** **DESH.**	†	†		†		†	†		
† „ ***elephantinum*** **DESH.**	†	†				†	†		
† „ ***mutabile*** **DOD.**		†				†	†	†	
„ ***dentalis*** **L.**		†						†	†
† „ ***fossile*** **L.**	†					†	†	†	
„ ***rubescens*** **DESH.**		†						†	†
„ **sp.**	†								
Patella caerulea **L.**		†							†
Turbo rugosus **L.** } **(n. POST)**		†						†	†
† ***Trochus patulus*** **BRONN** }		†			m	†	†		
„ ***fanulum*** **GMEL? (=** ***T. fagus*** **AINSW.)**	†				(m	†	†	†	†)
Turritella communis **RISS. var.**	†				(m	†	†	†	†)
† „ ***subangulata*** **BROCC.**	†				m	†	†	†	
† „ ***tornata*** **BROCC. (n. AINSW.)**	†						†	†	
Natica helicina **BROCC.**	†				m	†	†	†	†
„ ***millepunctata*** **LAM.**				†		†	†	†	†
„ ***Josephinia*** **RISSO**	†					†	†	†	†
„ ***Dillwyni*** **PAYR.**	†							†	†
† ***Rissoa*** **cf.** ***sculpta*** **PHIL.**	?	†					(†)		
† ***Niso eburnea*** **RISS.**	†					†	†	†	

		Unteres Orontesthal	Lâdikîje	Bâniâs	El-Forklus (n. DIENER)	Vorkommen in anderen Formationen Syriens	Aussersyrische Verbreitung: Miocän	Mittel- Pliocän	Ober- Pliocän	Lebend im Mittelmeer
	Melanopsis cf. *maroccana* Bourg.	†								(†)
	„ *minor* Blanck.	†				o q				†
	„ *laevigata* Lam.	†				q		?	?	†
	Cerithium vulgatum Brug.	†				m o	†	†	†	†
†	„ *tricinctum* Brocc. (n. Ainsw)	†					†		†	
	„ *scabrum* Ol.		†	†		m	†	†	†	†
	„ *spina* Partsch		†				†	†	†	†
	Chenopus pes pelicani L.	†	†			m	†	†	†	†
	Strombus coronatus Defr.	†				m q	†	†	†	
	„ sp.		†							
	Cypraea pyrum Gmel. (n. Ainsw.)	†					†	†		†
†	*Cassis crumena* Lam. (n. Post)		†				†	†		
	„ sp. (n. Post)		†							
	Cassidaria echinophora Lam. (n. Post)		†				†	†		†
†	*Ficula intermedia* Sism.?	†						†		
†	*Tritonium affine* Desh. sp.? (*Triton intermedium* Ainsw.)	†					†	†		
†	*Buccinum restitutianum* Font.				†		†	†		
†	„ *Hörnesi* May.				†		†	†		
†	*Nassa clathrata* Born		†					†		
	„ *semistriata* Brocc.	†					†	†	†	†
†	„ *Olivii* Bell.	†						†		
†	„ *acuta* Blanck.	†								
†	„ *transitans* Bell.	†					†			
†	*Columbella nassoides* Bell. (*Fusus subulatus* Ainsw.)	†					†			
	Fusus rostratus Ol. (n. Post, ? = *F. strigosus* Ainsw.)	†	†					†	†	†
	„ sp.		†							
	Euthria cornea L. sp. (n. Post, = *Fusus lignarius* Ainsw.)	†	†					†	†	†
†	*Pyrula cornuta* Ag.	†				m	†			
†	*Murex torularius* Lam. (n. Post)		†				†	†		
†	„ *conglobatus* Mich. (n. Post)		†				†	†	†	
	„ *erinaceus* L. (n. Post)		†					†	†	†
†	*Typhis fistulosus* Brocc	†					†	†		
†	*Mitra scrobiculata* Brocc.				†		†	†		
†	„ cf. *Bronni* Mich. (n. Post)		†				(†)			
†	*Cancellaria lyrata* Brocc.				†		†	†		
	„ *cancellata* L.	†					†	†	†	†
	Terebra fuscata Brocc.	†					†	†		
	„ sp.		†							
†	*Pleurotoma turricula* Brocc. (n. Post)		†		†		†	†		
†	„ (*Raphitoma*) *vulpecula* Brocc.? (n. Ainsw.)	†					†	†	†	

	Unteres Orontesthal	Lâdikîje	Bâniâs	El-Forklus (n. DIENER)	Vorkommen in anderen Formationen Syriens	Aussersyrische Verbreitung: Miocän	Mittel-Pliocän	Ober-Pliocän	Lebend im Mittelmeer
† *Pleurotoma (Drillia) Allioni* BELL.				†		†	†		
† „ *(Mangelia) novemcostata* BLANCK.	†								
Conus mediterraneus HWASS od. *ventricosus* BRONN	†	†			m o q	†	†	†	†
Ringicula buccinea BROCC.		†				†	†	†	†
† *Bulla miliaris* BROCC.		†				†	†	†	
† „ *crassitesta* BLANCK	†								
Diacria trispinosa LES.		†					†		†

3) Schlussfolgerungen.

Diese Fossilienliste der im Vorhergehenden als einander äquivalent aufgefassten Ablagerungen von den verschiedensten Lokalitäten Syriens ergibt 112 Formen, die entweder eine sichere Bestimmung erlaubten oder sich wenigstens auf bekannte Arten als wahrscheinlich zugehörig oder doch nahe verwandt beziehen liessen. Hierunter sind nicht weniger als 49 heute ganz ausgestorbene und 2 wenigstens nicht mehr im Mittelmeer, sondern nur noch in tropischen Theilen des Oceans lebende Arten Schon allein durch diese Verhältnisszahl der ausgestorbenen oder ausgewanderten zu den recenten Arten scheint mir zunächst die Annahme eines jüngeren, oberpliocänen Alters der Schichten ausgeschlossen. Nur 12 unter diesen im Mittelmeer ausgestorbenen Arten kommen noch in jungpliocänen Meeresablagerungen vor, als deren Typen die Schichten von Cypern, Rhodos, Kos, Mäanderthal, Korinth, Monte Pellegrino und Ficarazzi bei Palermo, Monte Mario bei Rom, Red Crag und Norwich Crag in England gelten. Die übrigen, also der weitaus grössere und wichtigere Theil sind bis jetzt aus dem Oberpliocän nicht bekannt. Es sind darunter besonders Formen, welche tropischen oder subtropischen Typen angehören oder deren nächste Verwandte jetzt in wärmeren Meeren leben, wie die Gattungen *Terebra*, *Cancellaria*, *Ficula* und *Pyrula*. Andererseits ist von nordischen Formen, die selbst oder deren

nächste Verwandte sich heute auf nördliche Theile des atlantischen Oceans oder nordeuropäische Meere beschränken, die mithin auf ein kälteres Klima verweisen und sich als besonders charakteristisch in diluvialen, mitunter auch oberpliocänen Bildungen z. B. Rhodos einstellen, nicht die geringste Spur vorhanden.

Erscheinen die Beziehungen mit der Fauna bekannter oberpliocäner Ablagerungen gering, so ist das Gegentheil der Fall mit denjenigen zum Miocän. 60 Formen haben die syrischen Ablagerungen mit oberpliocänem Bildungen gemein, 81 mit den mittelpliocänen Subapenninschichten und 72 mit dem Miocän. Die meisten Beziehungen existieren also wohl zweifellos zum Mittelpliocän, danach aber folgt das Miocän. Unter solchen Umständen tritt die Frage nahe: Könnten die syrischen Ablagerungen, speziell die am Orontes nicht noch etwas älter sein als mittelpliocän und eine Meeresablagerung aus der Unterpliocänzeit (im Sinne Neumeyrs) vorstellen, als einer Zeit, die zwischen Obermiocän und Mittelpliocän vermittelt. In der That finden sich in unserer Liste eine ganze Anzahl von Arten, die bisher mit Sicherheit nur aus miocänen Schichten bekannt waren, aber nicht mehr aus dem Mittleren Pliocän: *Ostrea* aff. *crassissima* und cf. *Gingensis*, *Arca turonica*, *Lucina columbella* und *multilamellata*, *Nassa transitans, Pyrula cornuta, Mitra* cf. *Bronni*. Auf die Austern möchte ich freilich als Leitfossilien grundsätzlich weniger Gewicht legen, auch die angeführte *Nassa* aus der sehr veränderlichen Gruppe der *N. semistriata* erscheint mir wenig bedeutungsvoll. Eine *Arca* cf. *turonica* wird von Neumayr sogar aus dem Oberpliocän von Kos angeführt. Dass der Typus dieser miocänen Art sich noch bis in das Mittelpliocän erhielt, wäre also sehr wohl denkbar. Nur das Erscheinen von *Lucina columbella* und *Pyrula cornuta*, deren Bedeutung als ausschliessliche Miocäntypen von Wiener Geologen (Hörnes und Reuss) ausdrücklich betont wurde, im Mittelpliocän? bereitet einige Schwierigkeiten.

Hieraus aber den Schluss zu ziehen, dass die beschriebenen Ablagerungen wirklich noch zum Miocän gehören, scheint mir aus mehr als einem Grunde unthunlich. Vielleicht möchte der Einwand erhoben werden, dass eine unmittelbare Aufeinanderlagerung oder eine Diskordanz zwischen Miocän, hauptsächlich Kalken und Kalkmergeln, und dem vermeintlichen Pliocän vom Verfasser selbst nirgends direkt beobachtet wurde, dass demnach dieses nur eine

Facies von jenem aus tieferem Meere in der Mitte des Orontesthalbeckens darstelle, an dessen Rändern die mehr kalkigen Miocänsedimente zum Absatz kamen, wie im Wiener Becken. In meiner Abhandlung über das Miocän in Syrien habe ich indessen von mehreren Stellen das Vorhandensein mergelig thoniger Ablagerungen in unmittelbarem Zusammenhange mit zweifellosen kalkigen Miocänbildungen gegen die Mitte des Thales zu besprochen[1]), und diese Thone scheinen mir viel eher einer gleichzeitigen Tiefseebildung in demselben Becken zu entsprechen als die oben beschriebenen Sande, mergeligen Sandsteine, Kiese und Konglomerate meines Pliocäns. Ausserdem ist auch der Gegensatz der relativ reichhaltigen Fauna des syrischen Miocäns gegen die ebenso reiche der in Rede stehenden Schichten grösser und ganz anderer Art als der zwischen Grinzinger Mergeln und Badener Tegeln im Wiener Becken einerseits und Leithakalk andererseits. Ueber 100 verschiedene Formen sind mir aus dem syrischen Miocän bekannt, aber nur 24 davon kommen auch in dortigen „Pliocänschichten“ vor, welche doch im allgemeinen wie oben erwähnt Miocänformen in Menge (72) führen. Diese gemeinsamen Arten sind: *Ostrea cochlear*, *Pecten scabrellus*, *opercularis*? und *syriacus*, *Amussium cristatum*, *Lucina divaricata*, *columbella* und *multilamellata*, *Cardium edule* und *echinatum*, *Tapes vetula*, *Venus multilamella*, *Tellina planata*, *Corbula gibba*, *Trochus patulus* und *fanulum*?, *Turritella communis* und *subangulata*, *Natica helicina*, *Cerithium vulgatum* und *scabrum*, *Chenopus pes pelicani*, *Strombus coronatus*, *Pyrula cornuta*? und *Conus ventricosus*. Ausser den bereits besprochenen *Lucinen* und der *Pyrula* sowie dem neuen *Pecten syriacus* sind dies durchgängig Formen, deren Erscheinen in mittelpliocänen Ablagerungen gar nichts Auffallendes bietet, ja die Regel ist. In bemerkenswerthem Gegensatz zum syrischen Miocän aber vermisst man in unserem Pliocän jegliche Spur von Korallen und Seeigeln, speziell *Clypeaster*arten[2]), die in miocänen Kalken eine so häufige Erscheinung sind. Der einzige im pliocänem Sande gefundene Korallenrest, ein vollständig abgerundetes

---

1) l. c. p. 595—596 und 600.

2) In meiner Fossilienliste des syrischen Miocäns l. c. p. 615 ist den 6 genannten Clypeasterarten noch „*Clypeaster altus* Lam. (nach Russegger und Hauer) selten in Nordsyrien“ zuzufügen.

Geröllе, befand sich allem Anschein nach auf sekundärer Lagerstätte und war offenbar aus den höher gelegenen, bereits Festland gewordenen Miocänkalken durch Flusswasser ins Meer geführt. Uebrigens fehlt die Facies der Grobkalke, welche im Miocän sich besonders durch Führung von Nulliporen, Heterosteginen, astraeoidischen Korallen, Bryozoen, grossen Clypeastern und Pecten-Arten auszeichnen, im syrischen Mittelpliocän keineswegs. Die ganzen Klippen des Hafens von Lâdiḳîje bestehen daraus, aber sie liessen, obwohl ich hier lange nach Petrefakten suchte, keine anderen organischen Reste als wie Lithothamnien, Bryozoen?, *Vola jacobaea*, den pliocänen Vertreter der grossen miocänen Volen, und Cerithien erkennen. Das Fehlen von riffbildenden Korallen aber ist nach Fuchs eins der hauptsächlichen negativen Kennzeichen pliocäner Bildungen.

Auf die sonstigen Unterschiede zwischen meinem syrischen Miocän und Pliocän will ich hier nicht weiter eingehen; sie ergeben sich aus einem Vergleich von selbst und sie bestätigen die Annahme, dass die Sandsteine, Mergelsande u. s. w. des untern Orontesthales und bei Lâdiḳîje jünger sind als die früher als Miocän beschriebenen Bildungen Syriens. Für letztere aber wurde bereits eine relativ hohe Stellung innerhalb der Miocäntage wahrscheinlich gemacht, wie sie nach Fuchs und Neumayr den Kalken von Trakones in Attika und Rosignano und Castelnuovo in Italien zukommt, die, noch jünger als die Ablagerungen der zweiten Mediterranstufe, den sarmatischen Schichten äquivalent zu sein scheinen. Das syrische Miocän liegt also dem Alter nach hart an der Grenze von Miocän zum Pliocän und noch jüngere marine Bildungen können frühestens dem Pliocän zufallen. Unmittelbar ist aber der Absatz des tieferen Pliocäns in Syrien unmöglich demjenigen des syrischen Miocäns gefolgt. Dem widerspricht die ungeheure Verschiedenheit in der Verbreitung dieser beiden Ablagerungen, welche sich deutlich auch auf meiner „geognostischen Kartenskizze von Nordsyrien“ ausspricht. So steigen die Miocänkalke an den südlichen Theilen des Amanus Mons bis über 800 m, am Casius bis zu 250 m Meereshöhe. Miocänschichten nehmen das 450—550 m hohe Plateau des Djebel el-Koseir ein und erstrecken sich nach O tief ins Innere des Landes über Chân Bairam Oghlu, wo ich sie bei 620 m beobachtete, bis Killiz bei 670 m. In Mittelsyrien besteht der 635 m

hohe Djebel Terbol vollständig aus Miocänschichten. Fast überall ist ihre ursprüngliche Lagerung mehr oder weniger gestört, die Schichten erscheinen aufgerichtet, gefaltet und vielfach verworfen. Im vollständigen Gegensatz dazu fiel mir im marinen Pliocän nicht eine einzige Unregelmässigkeit oder Verwerfung von besonderer Bedeutung auf. Die Schichten liegen beinahe immer horizontal. Sie erreichen im Orontesthal nur c. 190 m, am Nahr el-Kebîr c. 200 m, am Djebel el-Arba'în bei Bâniâs 260 m, bei el-Forklus in der palmyrenischen Wüste nach DIENER allerdings 691 m Meereshöhe. Abgesehen vom untern Orontesthal sind die Verbreitungsgebiete der miocänen und pliocänen Ablagerungen gänzlich von einander getrennt.

Es fanden also in der Zwischenzeit vom Ende des Miocäns bis zum Beginn der pliocänen Meeresabsätze bedeutende Veränderungen in der Oberflächengestaltung des Landes, in der Vertheilung von Wasser und Land statt. Gebirgsbildende Kräfte waren in jener Zeit in ganz besonderem Masse thätig, in der Umgebung des untern Orontes wie am Libanon resp. Djebel Terbol etc. Diese tief eingreifenden Bewegungen, welche die Miocänschichten schon nahe der Küste zu so bedeutenden Höhen emporhoben und einen im Vergleich zur Miocänperiode ganz veränderten Zustand des Festlandes herbeiführten, konnten sich unmöglich plötzlich und katastrophenartig vollziehen. Sie füllten eine ganze Zeitperiode aus. Es war das die Zeit des Unterpliocäns, der Pontischen Stufe, die auch im ganzen übrigen Mittelmeergebiet als eine Periode der Unruhe und Umwälzungen sich kennzeichnete.

So lesen wir in NEUMAYRS berühmter „Erdgeschichte“ II p. 526: „In allen Gegenden Europas, die bis dahin“ (am Schlusse der Miocänzeit) „überflutet waren, findet ein allgemeiner Rückzug des Meeres statt, überall zeigen sich nur Binnenablagerungen, theilweise von ausserordentlicher Ausdehnung und Mächtigkeit, und wir stehen vor der in der ganzen Erdgeschichte einzigen Erscheinung, dass von vereinzelten noch unsicheren und jedenfalls sehr schwachen Spuren abgesehen, nirgends eine Meeresbildung dieses Zeitraumes vorhanden ist.“ „Wir können uns keine andere Deutung für diese auffallende Thatsache denken, als dass damals in unsern Regionen eine ausgezeichnete Kontinentalperiode eintrat, in welcher der Meeresspiegel tiefer stand als heute und dass seither keine hinreichende Bewegung der gebirgsbildenden Kräfte

stattfand, um marine Schichten dieses Alters über die Oberfläche des Meeres emporzustauen." Erst „mit dem mittleren Pliocän, der Asti-Stufe, wie sie nach einem südöstlich von Turin gelegenen wichtigen Fundorte genannt wird, greift das Meer wieder um sich, es nimmt wieder Besitz von einem Theile der jetzigen Festländer, aber es erreicht in diesem Gebiete bei weitem nicht mehr die Ausdehnung wie zur Miocänzeit."

So werden wir auch wohl die im Vorhergehenden beschriebenen Pliocänablagerungen Syriens der Mittelpliocänperiode zurechnen müssen. Die Verschiedenheiten ihrer Fauna von derjenigen der eigentlichen Subapenninschichten in Italien und der in einigen Punkten mehr miocäne, tropische Charakter sind nicht derart, dass sie eine vollständige Trennung von der Asti-Stufe rechtfertigen und lassen sich durch die grosse Entfernung von Italien und etwas südlichere Breite genügend erklären. Eine endgültige Entscheidung in der Altersfrage lässt sich freilich wohl erst dann treffen, wenn innerhalb des Mittelmeergebietes Ablagerungen noch unter den Asti-Schichten aufgefunden werden, die sicher der Unterpliocänperiode (Neumayrs) zuzurechnen sind und mit deren Fauna dann die der syrischen Ablagerungen verglichen werden kann.

II. Das Obere Pliocän.

A. Geologische Verhältnisse.

Das marine Oberpliocän oder die vierte Mediterranstufe nach SUESS' Bezeichnung hat gerade an den Küsten und auf Inseln des südöstlichen Mittelmeeres mehrfach seine Spuren hinterlassen, so auf dem Isthmus von Korinth, im Mäanderthal in Kleinasien, auf Milos, Kos, Rhodos und Cypern. Speziell auf dem Syrien benachbarten cyprischen Eilande, das in vieler Hinsicht einen ähnlichen geognostischen Aufbau zeigt, gehört nach den bisherigen Erfahrungen bei weitem der grösste Theil der dortigen Pliocänbildungen (vielleicht mit Ausnahme einiger mittelpliocäner Vorkommnisse auf der Karpashalbinsel bei Kaleburnu, Platanisso und Ghilanisso) dem Oberen Pliocän an. Es sind dies vornehmlich Konglomerate, Sandsteine und Sande, seltener mergelige Schichten, welche die ganze breite Ebene in der Mitte der Insel, sowie die Südküste zusammensetzen und sich durch Führung einer Fülle wohlerhaltener Petrefakten auszeichnen.

Auf dem syrischen Festlande sind mir entsprechende Bildungen allein aus der nördlichen Umgegend der Orontesmündung bekannt. Hier war allerdings deren Gegenwart am ersten zu erwarten. Denn einmal hatte das untere Orontesthal während der Neogenperiode schon wiederholt vorher, nämlich in der Obermiocän- und Mittelpliocänepoche den Boden einer mediterranen Meeresbucht gebildet, dann aber ist dieses Thal auch nach seiner Lage und Entstehungsart als die direkte Fortsetzung der von Oberpliocän-Bildungen bedeckten Mesaria Cyperns zwischen dessen nördlichem und südlichem Gebirgszug aufzufassen. Freilich entfernen sich die Reste dieser Meeresbedeckung lange nicht so weit von der heutigen Küste als die Mittelpliocänablagerungen und nehmen auch solch ein geringes Areal ein, dass sie kaum auf eine Karte kleineren Massstabs aufgetragen werden könnten.

Wenn wir von N kommend die unwirthliche, steil zum Meere fallende W Küste des Amanusgebirges mit dem Râs el-Chanzîr

(Eberkopf) umschifft haben und an der ersten geeigneten Stelle, an den Molen der alten Hafenstadt Seleucia Pieria im S des Djebel Mûsa oder Pieria Mons die Küstenebene der Orontesmündung betreten, so finden wir gleich in der Umgebung des alten Hafenkanals 1 m über dem Meeresspiegel die dort anstehenden weissen Kalkfelsen obermiocänen Alters theilweise unregelmässig überkrustet von einem grünlichen, harten, grobkörnigen Sandstein mit Kalkbindemittel. Der Sandstein führt *Donax venusta* und kleine Austern, wie sie heute noch in dem 20 Schritte entfernten Meere leben. Zuweilen ist er ganz ersetzt durch eine richtige kleine Austernbank, die direkt dem miocänen Nulliporenkalk aufsitzt. An sich würde man geneigt sein, diese Bildungen der jüngsten Epoche, dem Quartär zuzutheilen; aber die Beschaffenheit des Sandsteins weicht ebensosehr von dem sonstigen Typus der jüngsten syrischen Küstenbildungen ab, als sie an die Sandsteine des Mittelpliocäns im Orontesthal erinnert, welche z. B. $1^1/_2$ Stunden südwestlich Antâkîje in fast derselben petrographischen Ausbildung gefunden wurden.

Steigt man nun aus der Küstenebene an der früheren Seevorstadt von Seleucia den Gebirgsabhang empor, so bemerkt man noch dicht am Fusse des Berges auf der Oberfläche des Miocänkalkes zahlreiche Bohrlöcher (von *Lithodomen*). Auf dem Gipfel eines vorspringenden Hügelrückens, 47 m hoch, ist der Kalkstein bedeckt von 2 m Kalkkonglomerat, das mit ungeschichteten Thonlagen wechselt. Etwas höher erscheint über dem Miocänkalk wieder jener grünliche, grobe, kalkige Sandstein vom Hafenkanal, welcher zuweilen förmlich in Kalktuff übergeht. Die Grenze zwischen dem Miocänkalk und dieser Sandsteinkruste ist höchst unregelmässig und durch kleine Höhlen in Folge Verwitterung charakterisiert. Noch ein wenig weiter hinauf beobachtet man an demselben Abhang wieder Konglomerat in einer Mächtigkeit von 2 m, welches eine breite Terrasse von 82 m Meereshöhe bedeckt. Hinter oder über der Terrasse erheben sich dann mit steilerer Böschung nur noch Kalke mit *Pecten scabrellus*, mergelige Kalkplatten und Mergel, welche dem Miocän zuzurechnen sind.

Wir kehren daher zur Küstenebene zurück und untersuchen den Bergabhang an einer anderen südöstlicher gelegenen Stelle bei einer Häusergruppe mit Namen Mreir (Maulbeerplantage des Herrn Missakian, Deutschen Consularagenten in Antâkîje) an dem Bache,

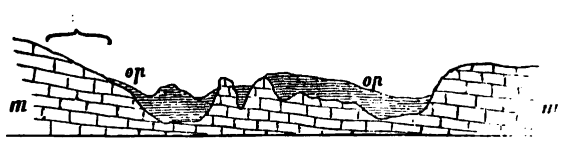
den man auf dem Wege von Sueidîje vor dem Betreten des Ruinenfeldes von Seleucia überschreitet Der Abhang im O genannten Ortes besteht aus Korallen führendem Miocänkalk, welcher in hora 5 streichend mit 10° nach S einfällt. Auf dem nördlichen Bachufer dicht am Bache, wo der Abhang einen geringen Böschungswinkel aufweist, sieht man seine Oberfläche, die hier fast der der geneigten Schichtungsebene des Kalkes paralell geht und theilweise mit Schichtenoberflächen zusammenfällt, bis zu einer Meereshöhe von 13 m mit zahllosen deutlichen Bohrlöchern versehen. Schalen der Bohrmuscheln fand ich hier im Kalk selbst nicht eingeschlossen; aber am Fusse des Abhanges lagen lose Blöcke des schon erwähnten graugrünlichen, mergeligen Sandsteins, angefüllt mit Schalenresten von *Lithodomus lithophagus*.

Auf dem linken Ufer desselben Bachs liegt dieser Sandstein direkt dem Kalk auf. An der Basis ist er meist locker, so dass die Grenzlage gewöhnlich entfernt und die Stelle durch Erde verdeckt ist An einem Punkte sah ich an der Grenze deutlich eine 15 cm dicke Konglomeratschicht. Die im Sandstein vorkommenden Fossilien (meist Austern) sind mit dem Gesteine fest verwachsen. Der Sandstein geht nach oben in lockere Mergel über. Hier fallen die zahlreichen, ausgezeichnet erhaltenen Schalen der Fossilien ganz heraus und sind daher leicht aufzusammeln. Sandsteine und Mergel wurden nirgends mächtiger als 6 m beobachtet. Aber doch reichen die Spuren wenigstens des Sandsteins mit Konglomeratlagen an dem Bergabhang auf der linken Uferseite jenes Bachs bis zur Meereshöhe von 79 m.

Der Untergrund, dem diese Absätze sich auflagerten, ist keineswegs erst von der Brandungswoge des betreffenden Meeres abradiert oder geglättet worden. Vielmehr erkennt man aus den Verhältnissen im OSO von Mreir deutlich, dass hier zur Zeit jener Sandsteinbildungen eine klippenreiche Küste gewesen war, an der viele von einander getrennte Miocänkalkfelsen rings vom Meere umspült wurden, wie heutzutage die Klippen aus Mittelpliocänkalk von el-Mîna (Hafen) bei Lâdiķîje oder die Taubenklippen aus senoner Feuersteinkreide am Râs Beirût. Besonders in geschützten Winkeln zwischen stehen gebliebenen Felsen und in Löchern derselben wurde der Sandstein abgesetzt und konnte sich hier auch später besser erhalten.

Fig. 2.

Partie bei Mreir am Gebirgsfuss des Djebel Mûsa.



m = Klippen des Obermiocänkalks, stellenweise mit vielen Bohrlöchern von Lithodomen. op = Oberer Pliocänkalk. reich an Molluskenschalen.

Die Fauna dieser Schichten von Mreir setzt sich folgendermassen zusammen: (h = häufig.)

Cladocora granulosa Edw. Haime h.,

Ostrea sp. hh.,
Modiola costulata Risso hh.,
Lithodomus lithophagus L hh.,
Arca Noae L. hh.,
(† ?) *Cardita calyculata* L. v. *Seleuciana* n. h.
Chama gryphoides L.,
† *Lucina* cf. *exigua* Eichw.,
Cardium echinatum L.,
Petricola lithophaga Retz,
Artemis sp.,
Donax trunculus L.,
Tellina nitida Pol. h.,
„ *fragilis* L.,
Mactra triangula Ren. h.,
Corbula gibba Ol.,

Natica Josephiniana Riss. h.,
Melanopsis turcica Parr. vereinzelt,
Cerithium vulgatum Brug. hh.,
Cypraea lurida L. h.,
Nassa mutabilis L.,
† „ *Seleuciae* n. sp.,
Columbella rustica L. h.,
Murex trunculus L. h.,
Conus mediterraneus Brug. h.

Der Gegensatz zwischen dieser Faunula und derjenigen unseres Mittelpliocäns im Orontesthale fällt sofort ins Auge. Ausser fünf völlig indifferenten, überall verbreiteten Arten: *Cardium echinatum*, *Corbula gibba*, *Mactra triangula*, *Cerithium vulgatum* und *Conus mediterraneus* ist Alles verschieden. Speziell mit der von Ainsworth [1]) gegebenen Liste organischer Reste von unsicherem Fundort (bei Sueidîje?) ist noch weniger Uebereinstimmung zu bemerken. Von einer Altersgleichheit der Schichten von Mreir mit den petrographisch so sehr ähnlichen, oben beschriebenen, graugrünen Sandsteinen und Mergeln des Orontesthales kann kaum die Rede sein. Die vortreffliche Erhaltungsart der Fossilien, deren ursprüngliche Farbe theilweise noch zu erkennen ist, die ausserordentliche Uebereinstimmung der Fauna mit der lebenden Thierwelt des Mittelmeeres, schliesslich das Fehlen aller charakteristischen Mittelpliocänformen weisen auf ein relativ jüngeres, oberpliocänes oder quartäres Alter hin. Nur zwei unter 23 Arten (= 9°/₀) kommen als wirklich ausgestorben in Betracht: *Lucina* cf. *exigua* und *Nassa Seleuciae*. Die Carditen weichen allerdings in ihrer Berippung etwas von dem Typus der Mittelmeerform *C. calyculata* L. ab, dürften aber wohl mehr als lokale Varietät anzusehen sein.

Vergleicht man die Liste mit der Fauna der ausgedehnten jungen Marinablagerungen im Zentrum der Insel Cypern, welche wir durch die Arbeiten von Gaudry, Unger und Kotschy kennen und in denen neuerdings Herr A. Bergeat gesammelt hat, so findet man hier die meisten der genannten Arten wieder. Die bei Seleucia gemeinsten Formen wie *Cladocora*, *Arca Noae*, *Cerithium vulgatum*, *Columbella rustica*, *Murex trunculus* etc. scheinen auch in diesen Schichten von Cypern nach der Sammlung des Herrn Bergeat in München, in welche mir derselbe freundlichst einen Einblick gewährte, die häufigsten zu sein. Es handelt sich nur darum, welches Alter man diesen Schichten von Cypern zuschreibt, aus denen eine viel reichhaltigere Fauna als aus den äquivalenten syrischen Bildungen zur Beurtheilung vorliegt. Ich selbst möchte dieselben entschieden den marinen Sanden und Konglomeraten des Kanaleinschnitts von Korinth, welche neuerdings Dr. A. Philippson [2]) untersuchte, so-

1) l. c. p. 301 und oben Seite 5.

2) Der Isthmus von Korinth. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1890. XXV. 1. p. 45.

wie den marinen Schichten von Kos parallel stellen und diese alle mit GAUDRY, FUCHS und PHILIPPSON als Oberes Pliocän auffassen.

Eine Trennung der Schichten von Seleucia von den syrischen Quartärbildungen halte ich aus dem Grunde für zweckmässig, weil letztere wenigstens im übrigen Nordsyrien nach meinen Beobachtungen nirgends eine grössere Höhe als 8 oder höchstens 10 m über dem Meere einnehmen, die Sandsteine und Konglomerate von Seleucia Pieria aber deutlich bis mindestens zu 80 m emporsteigen. Ferner ist die petrographische Beschaffenheit der jungen Küstenbildungen von zweiffellos quartärem Alter ganz anderer Art. Echte Sandsteine und Mergel kommen darin gar nicht vor. Schliesslich ist die Fauna nicht allein relativ spärlicher, sondern setzt sich auch vorwiegend aus anderen Arten zusammen, besonders *Pectunculus insubricus* (*violascens*) und *glycimeris*, *Pecten polymorphus* und *Cardium edule*, die bei Mreir ganz fehlen.

Die bisherige Schilderung der im ganzen geringfügigen Vorkommnisse von Oberpliocän in Syrien stützt sich nur auf die thatsächlichen Beobachtungen des Verfassers.

Spätere Untersuchungen an Ort und Stelle müssen lehren, ob sich jene Ablagerungen von Seleucia noch weiter ins Innere nach NO und an der Küste nach NW und S ausdehnen, was ich übrigens Beides vorderhand bezweifeln möchte. Keinenfalls reichte dieses Obere Pliocänmeer bis zur Niederung el-'Amḳ im NO von Antâkîje, welcher eine Meereshöhe von 97—105 m zukommen mag. An deren Stelle erscheint um jene Zeit zum ersten Male ein Binnensee, von grösserer Ausdehnung als der heutige Aḳ Deniz, belebt von Melanopsiden und Viviparen. (Die Gattung *Vivipara* ist heutzutage in den Gewässern Syriens nicht mehr vertreten). Nach AINSWORTH hätte dieses grosse Süsswasserbecken bereits nördlich vom heutigen Antâkîje (ca. 73 m hoch gelegen) mit dem Meere in Verbindung gestanden. Denn hier sollen sich mit den Schalthierresten des Binnenseees solche des Meeres (Carditen) vermischt vorfinden und wäre also einst

ein Aestuarium vorhanden gewesen. Wie weit diese kurzen Angaben AINSWORTHS den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen, bin ich leider nicht in der Lage zu beurtheilen, da ich die Gegend nördlich von Antâkîje nicht bereiste. In der Ebene unterhalb der Stadt aber auf dem rechten Orontesufer fand ich über der Doleritdecke, welche überall in grosser Einförmigkeit die marinen Mittelpliocänschichten überlagert, keine Sedimente mehr ausser quartären Süsswasserkonglomeraten, auf dem linken Flussufer noch mächtige Kalktuffbildungen und Gehängeschotter. Dass es sich aber bei AINSWORTH nicht um fluviomarine Mittelpliocänschichten bei Antiochia handeln kann, geht einerseits aus der grösseren von mir festgestellten Verbreitung echt marinen Mittelpliocäns mit Austern am N-Fusse des Djebel el-Koseir noch weit nordöstlich von Antâkîje bis fast zum Südrand des Aḳ Deniz hervor. Dann aber möchte ich auch geltend machen, dass Carditen, die AINSWORTH in jenen Schichten anführt, von mir an keinem der verschiedenen ausgebeuteten Fundpunkte des Mittelpliocäns im Orontesthal beobachtet wurden, hingegen wohl im Oberpliocän bei Seleucia, wo sie sogar häufig auftreten ebenso wie auf Cypern.

B. Paläontologischer Theil.

Bemerkenswerthe Formen aus dem Oberpliocän von Seleucia.

Cardita calyculata L. v. **Seleuciana** n.

Klein, querverlängert, bis 14 mm lang, 9 mm hoch. Nur 17—18 Rippen (bei der typischen Form 20), einfach knotig schuppig, aber ohne besonders hervorragende röhrenförmig verlängerte Erhabenheiten. Auf den Rippen wie ihren Zwischenräumen treten feinere Radiallinien auf.

Lucina cf. **exigua** EICHW.

Vergl. HÖRNES-REUSS: Foss. Moll. Tertiärb. Wien II. p. 243, t. 33, f. 12.

3 Exemplare. Schale klein, queroval, schief, nach vorn verlängert, eckig ungleichseitig, $5^1/_2$ mm lang, 4 mm hoch. Unter dem stark vorragenden spitzen Wirbel liegt die gut ausgeprägte

Lunula. Der Schlossrand weist vor dem Wirbel eine merkliche Einbuchtung auf und geht dann in stumpfem Winkel in den nur schwach gerundeten Vorderrand über.

Die Oberfläche ist mit zahlreichen feinen Radialrippen bedeckt. Direkt am Wirbel zählt man wie bei *L. exigua* 7—9, also weniger als bei der verwandten *L. reticulata* Pol., aber die Rippchen spalten sich schon in 1 mm Entfernung von der Wirbelspitze oder neue schieben sich keilförmig ein. Diese Spaltungen und Vermehrungen wiederholen sich häufig, so dass am untern Rande bedeutend mehr Rippen vorhanden sind als bei *L. exigua* aus dem Wiener Becken. (Hörnes l. c. t. 33, f. 12).

Verwandtschaft: Mit der noch im Mittelmeer lebenden, ebenfalls radial gestreiften *L. reticulata* Pol. lässt sich die vorliegende Form unmöglich identifizieren, da erstere einen viel mehr gerundeten, fast kreisförmigen Umriss besitzt und auch grösser wird. Form und Grösse stimmen hingegen genau mit *L. exigua* überein, blos die Berippung ist etwas feiner als beim Typus dieser Art (nach Hörnesscher Auffassung).

L. exigua wird von Hörnes ausser von miocänen Fundorten noch von Asti (Mittelpliocän) und Monte Pellegrino bei Palermo (Oberpliocän ?) citiert.

Nassa Seleuciae n. sp.

Taf. I. Fig. 6—7. Taf. II. Fig. 8—9.

4 Exemplare. Schale dick, ei-kegelförmig. Gewinde kurz, spitz. Höhe des Gehäuses $13^1/_2$ mm. 6—7 Windungen; letzte an der Mündung 8 mm hoch, 8 mm breit. Umgänge wenig gewölbt, ziemlich flach. Letzte Windung breit, vorn stark eingezogen, bei ausgewachsenen Exemplaren an der Mündung stets nach oben erweitert, wodurch letztere an Höhe unverhältnissmässig zunimmt.

Die ganze Schale ist mit breiten Querrippen versehen, deren ich auf der letzten Windung 10, auf den vorhergehenden 11 und 13 zähle. Die Rippen der letzten Windung verdicken sich unregelmässig stark nach oben und fallen dann steil zur obern Naht ab, so dass hier wenigstens das Gewinde im Profil gesehen treppenförmig aufzusteigen scheint. 4 Spiralfurchen laufen über die oberen Windungen und theilen die Rippen in 5 Knoten. Die letzte Windung trägt bis zur Schwanzspitze 19 Spiralfurchen, die

aber nur am unteren Ende, wo die Rippen schwächer werden, deutlicher hervortreten.

Mündung oval, hinten mit Rinne versehen. Aussenlippe verdickt und innen mit schwachen, undeutlichen Zähnen versehen. Innenlippe in der Mitte und hinten weit umgeschlagen, so dass sie noch die Höhe der Mündung überragt fast bis zur vorhergehenden Naht und an Flächengrösse diejenige der Mündung erreicht.

Verwandtschaft: Diese Form gehört der Verwandtschaft der *Nassa reticulata* L. sp. an, unterscheidet sich aber von den vielen in dieser Gruppe unterschiedenen Arten durch mehrere Eigenthümlichkeiten, das spitze niedrige Gewinde, das Aufsteigen der letzten Windung vor der Mündung und deren Höhe, die Grösse der Innenlippe, schliesslich die geringe Wölbung und das unregelmässige treppenförmige Aufsteigen der letzten Windung.

Am nächsten stehen wohl *Nassa atava* Bell. [1]) und *N. corrugata* Brocc., [2]) beide aus der oberitalienischen Subapennin-formation (Mittelpliocän) mit etwa ebenso vielen Rippen, schwach-aufsteigender letzter Windung an der Mündung und grosser Innenlippe, aber viel zahlreicheren Spiralfurchen, stumpferem Gewinde und regelmässiger Wölbung des letzten Umgangs.

Erlangen, Mineral. geol. Institut.

---

1) Bellardi: I. Molluschi di terreni terziarii del Piemonte e della Liguria III. 1878. Memorie della R. Accademia delle science di Torino. Ser. II, t. 34. p. 262, t. 3, f. 3.

2) Brocchi: Conchiologia fossile subapennina. 1814. II. p. 652, t. 15, f. 16. — Bellardi. l. c. p. 262, t. 3, f. 4.

Inhaltsübersicht.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 1—3. *Ostrea orontesensis* Blanck., Unterschale. 1, 2 und 3a Innenfläche, 3b Aussenfläche zu 3a gehörig. Bâb el-Haua am Wege von Antâkije nach Djisr el-Hadîd.

Fig. 4—5. *Vola flabelliformis* v. *concava* Blanck., Linke Klappe. Im N des Djebel Mâr Sim'ân am Wege Sueidîje-Antâkîje.

Fig. 6-7. *Nassa Seleuciae* Blanck. Südöstlich von Seleucia Pieria.

Tafel II.

Fig. 1—2. *Vola flabelliformis* v. *concava* Blanck. 1 linke oder Deckelklappe, 2 rechte Klappe. Die nebenstehenden Linien a—b geben die Vertiefung bez. die Wölbung der betr. Schalenoberfläche an den durch punktirte Linien bezeichneten Profilstellen an. Mittelpliocän am Gebirgspass im N des Djebel Mâr Sim'ân.

Fig. 3. *Pecten syriacus* Blanck., rechte Schale, bei 3b ein Stück vergrössert. Fundort wie bei Fig. 1—2.

Fig. 4a b *Melanopsis minor* Blanck. In marinem Mittelpliocänsand 7 km SW Antâkîje.

Fig. 5. *Melanopsis* cf. *maroccana* Chemn. Fundort wie Fig. 4.

Fig. 6—7. *Bulla crassitesta* Blanck. Fundort wie Fig. 1—2.

Fig. 8—9. *Nassa Seleuciae* Blanck. Oberpliocän von Seleucia Pieria.

Ueber Neutralisationswärmen.

Von E. Wiedemann.

Bei der grossen Verbreitung, welche die in der Dissociationshypothese vertretenen Ansichten, dass in verdünnten Lösungen die Salze in ihre Jonen zerfallen sind, erhalten haben und der Herbeiziehung einer grossen Anzahl von Erscheinungen als Beweise für dieselbe, scheint es besonders wichtig zu erwägen, welche Erfahrungen nur durch die Dissociationshypothese zu erklären, also für die Nothwendigkeit derselben entscheidend sind, und welche Erfahrungen schon aus den früheren Anschauungen folgen, wenn sie sich auch auf diesem oder jenem Wege aus der Dissociationshypothese ableiten lassen, wobei wiederum die neuen dazu erforderlichen Specialhypothesen einer strengen Prüfung zu unterwerfen sind.

Als einer der Haupterfolge dieser Hypothese ist die Erklärung der Thatsache betrachtet worden, dass die Neutralisationswärmen der verschiedenen Säuren mit derselben Basis unabhängig von der Basis nahezu die gleichen sind, nähmlich 137 Cal.[1]). Nach der obigen Hypothese sind in den verdünnten Lösungen von Chlorwasserstoffsäure frei vorhanden H und Cl, in denen von verdünnter Kalilauge K und OH, in einer verdünnten KCl-Lösung K und Cl; der Process bei dem Zusammenbringen von HCl und KOH soll dann nur darin bestehen, dass sich O und OH zu H_2O verbinden; die Wärmetönung von 137 Cal. würde der Bildung von H_2O aus H und OH entsprechen, während die Jonen K und Cl nichts dazu beitragen. Würde Bromwasserstoffsäure durch Kalilauge neutralisirt werden, so würde auch hier die gesammte Wärme-

1) Sv. Arrhenius Z. S. f. physik. Chemie 4 p. 107. 1889.

tönung nur von der Verbindung von H und OH herrühren und natürlich wiederum gleich 137 Cal. sein.

Betrachten wir die Neutralisationsvorgänge bei der Bildung von Chlorkalium und Bromkalium nach der alten Anschauung, so gelten folgende Gleichungen (die eingeklammerten chemischen Formeln entsprechen dem thermischen Process, W_1, W_2 sind die ganzen auftretenden Wärmemengen), wobei wir das überschüssig vorhandene Wasser fortlassen.

$$KOH + HCl = KCl + H_2O:(K, Cl) + (H, OH)-(K, OH)-(H, Cl) = W_1.$$
$$KOH + HBr = KBr + H_2O:(K, Br) + (H, OH)-(K, OH)-(H, Br) = W_2.$$

Da nach den Versuchen $W_1 = W_2$ ist, so ist:

$$(K, Cl)-(H, Cl) = (K, Br)-(H, Br)$$
oder:
$$(K, Cl)-(K, Br) = (H, Cl)-(H, Br)$$

d. h. wenn in sehr verdünnten Lösungen in der Chlorwasserstoffsäure und dem Chlorkalium das Chlor durch Brom ersetzt wird, so ist in beiden Fällen die auftretende Wärmetönung die gleiche, oder wenn wir die Wärmetönungen durch die ihnen entsprechenden Arbeiten ersetzen, so sagt die Relation aus: Der Unterschied der Arbeiten, die geleistet werden müssen, um Chlor vom Kalium und Brom vom Kalium zu trennen, ist gerade so gross wie der entsprechende Arbeitsunterschied bei den Wasserstoffverbindungen.

Setzen wir diesen Satz als richtig voraus, so folgt aus demselben umgekehrt, auch ohne Annahme freier Jonen, dass die Neutralisationswärme von HCl und HBr die gleiche ist. Dass wir zur Annahme dieses Satzes berechtigt sind, ergibt sich aus dem folgenden: Chlor, Brom, Wasserstoff sind sicher bei gewöhnlicher Temperatur nicht dissociirt, ebensowenig festes Chlor- und Bromkalium, Chlor- und Bromwasserstoff. Wir wollen die Bildung dieser Substanzen thermochemisch ausdrücken:

$$H_2 + Cl_2 = 2\,HCl:2(H, Cl)-(H, H)-(Cl, Cl) = W_1'$$
$$H_2 + Br_2 = 2\,HBr:2(H, Br)-(H, H)-(Br, Br) = W_2'$$
$$K_2 + Cl_2 = 2\,KCl:2(K, Cl)\ (K, K)-(Cl, Cl) = W_1''$$
$$K_2 + Br_2 = 2\,KBr:2(K, Br)-(K, K)-(Br, Br) = W_2''.$$

Die Differenzen $W_1'-W_2' = \alpha$ und $W_1''-W_2'' = \beta$ stellen die Wärmeentwicklungen dar, die auftreten, wenn Brom an Stelle von Chlor in der Chlorwasserstoffsäure und in dem Chlorkalium tritt. Wir erhalten:

$$\alpha = 2(H, Cl) - 2(H, Br)-[(Cl, Cl)-(Br, Br)]$$
$$\beta = 2(K, Cl)\ \ 2(K, Br)-[(Cl, Cl)-(Br, Br)].$$

Da nach zahlreichen Versuchen sehr nahe $\alpha = \beta$ ist, so ist auch

$$(K, Cl)—(K, Br) = (H, Cl)—(H, Br).$$

Dies ist ganz dieselbe Beziehung wie oben.

Auch bei sicher nicht dissociirten Verbindungen wird nahezu die gleiche Wärmemenge entwickelt, wenn bei analogen Verbindungen Brom an die „Stelle von Chlor tritt.“

Wir sehen also, dass die Betrachtung der Wärmetönung bei der Bildung von Salzen in Lösungen nach der alten Anschauung zu Resultaten führt, die vollkommen in Uebereinstimmung stehen mit denjenigen, die bei der Bildung von festen Salzen beobachtet werden. Ein Heranziehen der Dissociation erscheint desshalb nicht nöthig.

Aus den Versuchen über die Veränderung der Neutralisationswärmen mit Temperatur zieht Herr Arrhenius[1]) noch den Schluss, dass die Dissociationswärme des Wassers, die bei 21,5° 13520 Cal. beträgt, für jeden Grad um 43 Cal. abnehme, sie würde also Null sein bei t°, wenn 13520 − 43 (t—21.5) = 0 ist, d. h. bei ca. 335,5. Ist die Dissociationswärme Null, so ist der Körper vollkommen zerfallen. Die Zersetzungstemperatur des Wassers liegt aber nicht schon bei 335°, sondern erst bei 2000°.

---

1) Sv. Arrhenius Z. S. f. physikal. Chem. 4 p. 110. 1889.

Beiträge zur Kenntniss der nutzbaren Mineralien des bayerischen Waldes mit specieller Berücksichtigung des Silberberges bei Bodenmais.

Von Dr. Julius Thiel.

Das bayerische Waldgebirge, dem Böhmer-Walde vorgelagert, erstreckt sich von der Donau in nördlicher Richtung bis zum Fichtelgebirge; es bildet ein welliges Bergland, dessen in zahllose einzelne Rücken und Kuppen zertheilte Oberfläche stets abgerundet erscheint und nur wenige Erhebungen von beträchtlicher Höhe aufzuweisen hat. Am Südfusse des Arbers, seiner höchsten Bergspitze, erhebt sich der 963 m hohe, mit der Bischofshaube gekrönte und seit Jahrhunderten durch seinen Erzreichthum bekannte Silberberg. Obgleich sonst das bayerische Waldgebirge im Allgemeinen als arm an Mineralien bezeichnet werden muss, treten hier reichhaltige Erzlagerstätten auf, welche schon frühzeitig den Grund zu einem, jetzt in neuem Aufblühen begriffenen Industriezweige legten. In dem vortrefflichen Werke von Gümbel, Geognost. Beschreib. des Königreich Bayern, wird erwähnt, dass bereits Herzog Albert I. einen Eisenhammer an der Böhrbach bei Bodenmais besessen habe. Es ist sehr wahrscheinlich, so schreibt v. Gümbel weiter, dass durch den Bergbau auf der höchsten Spitze des Berges jene zwei charakteristischen Hörner entstanden sind, welche diesem Gipfel den Namen „Bischofshaube“ verschafften. Erst 1436 scheint man den Versuch gemacht zu haben, die Kiese zu gewinnen und zu benützen. Offenbar hielt man sie für reich an Gold und Silber und es mögen die ersten Arbeiten wohl auf deren Gewinnung gerichtet gewesen sein. Darauf deutet auch der Name des Berges: Silberberg. Nach vielen wohl vergeblichen Hoffnungen, edle Metalle herzustellen, scheint man sich gegen Mitte des sechzehnten Jahrhunderts endlich zur Vitriolbereitung entschlossen zu haben. Wie ausgedehnt schon damals der Bergbau war, beweist die Anlage eines tiefen Erbstollens, der 117 Lachter unter der Spitze des Berges angesetzt, dessen Halde aber schon 1610 wieder mit starken Bäumen bewachsen war. Der Sebastiansstollen, der in Gesenken noch reiche Erze aufschloss, muss schon vor 1639 betrieben worden sein, da bereits ein Plan von jenem

Jahre diesen Stollen verzeichnet enthält. Die Verlockung, aus den Erzen edle Metalle oder doch wenigstens Kupfer, Schwefel und Alaun zu laboriren, war aber zu gross, als dass sie nicht von Zeit zu Zeit immer wieder neue Versuche entstehen liess, natürlich mit stets gleichem Erfolge.

Jetzt beschränkt man die Verwendung der Kiese auf die Erzeugung von Eisen-, Kupfervitriol und Polirroth oder Potée.

Jene Hüttenprodukte gaben die Veranlassung zu vorliegender Arbeit, welche ich auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Hofrath Prof. Dr. Hilger, unternahm. Gleichzeitig war mir Gelegenheit gegeben, noch einige secundäre Producte und Mineralien untersuchen zu können, welche im zweiten und dritten Abschnitt dieser Arbeit behandelt werden sollen.

Herrn Hüttenverwalter Benedikt, welcher mich vielfach bei der Arbeit unterstützte und mir bereitwilligst den grössten Theil des Materials zur Verfügung stellte, spreche ich an dieser Stelle meinen besten Dank aus.

Um zunächst einen allgemeinen Ueberblick über die bis jetzt wahrgenommenen Mineralien dieses interessanten Fundortes zu erhalten, gebe ich hier die von Gümbel S. 250—251 aufgestellte Uebersicht wieder.

I. Ursprüngliche Mineralien.

Magnetkies	Bleiglanz
Schwefelkies	Magneteisen
Markasit	Titaneisen
Kupferkies	Kreittonit
Zinkblende	Zinnerz.

II. Secundär entstandene Mineralien.

Eisenvitriol	Spatheisenstein u. Sphärosiderit
Vitriolocker	Kalkspath
Brauneisenstein	Gyps
Stilpnosiderit	Schwefel
Thraulit	Haarsalz u. Winebergit
Jollyt	Amethyst
Vivianit	Kupfergrün
Göthit	Desmin
Rotheisenstein	Harmotom.

Nutzbare Mineralien.

Vor Allem ist es der Magnetkies, der in mächtigen Lagern dort auftritt und mit anderen Eisenkiesen zur Darstellung von Eisenvitriol und Potée verwendet wird. Trotzdem derselbe schon vielfach analysirt, wurde eine grössere Menge sorgfältig ausgesuchten Materials nochmals einer eingehenderen Untersuchung unterworfen und konnten nur Spuren von Kupfer und Zink und ein Silbergehalt von 0,0042 % ermittelt werden. Weder Kobalt noch Nickel, welche viele andere Magnetkiese aufzuweisen haben, konnten nachgewiesen werden. Die quantitative Zusammensetzung ist folgende:

Fe.	61,59
S.	38,15
	99,74

spec. Gew. 4,508.

v. Gümbel[1]) führt drei von Nikolaus Herzog von Leuchtenberg ausgeführte Analysen an:

Fe.	60,99	61,34	61,48
S.	38,21	39,55	38,63
	99,20	100,89	100,11

Bodewig[2]) erhielt als Mittel aus zahlreichen nach verschiedenen Methoden angestellten Bestimmungen die Zusammensetzung:

Fe.	61,53
S.	38,45
	99,98

Die Mehrzahl der Analysen, sowie die von mir ausgeführte spricht also für die Formel $Fe_{11}S_{12}$, welche die atomistische Zusammensetzung

Fe.	61,60
S.	38,40
	100,00

erfordert.

Der Silber- und theilweise auch Goldgehalt gab vor nicht

1) v. Gümbel, geog. Beschreibung des Kgr. Bayern, Seite 251.

2) Zirkel, Mineralogie. Seite 326.

allzulanger Zeit nochmals die Veranlassung zur Gewinnung dieser edlen Metalle, doch führten die unternommenen Versuche zu keinem befriedigenden Resultat, und wurde die Verwerthung der Erze nach dieser Richtung hin aufgegeben.

Zinkblende. Neben dem Magnet- und Schwefelkies ist die Zinkblende das häufiger auftretende Mineral; meistens ist sie mit dem Magnetkies verwachsen und findet sich nur da in reiner Ausscheidung vor, wo die einzelnen Erzlinsen nach und nach ihren Erzreichthum verlieren und der grossblättrige Magnetkies zum Vorschein kommt. Die Bergleute pflegen letzteren sowohl, als die Zinkblende als Erzräuber zu bezeichnen. Die Zinkblende ist stets dunkel, braunschwarz mit einem Stich in's Bläuliche und besitzt das spec. Gew. 4,025. Ueber ihre Zusammensetzung scheint bis jetzt nichts veröffentlicht worden zu sein; nur vermuthet v. Gümbel einen Cadmiumgehalt, welcher auch thatsächlich vorhanden ist. Ihre chemische Zusammensetzung ist folgende:

Zn.	55,89
Cd.	0,30
Fe.	11,05
S.	32,63
	99,87

Die Schwefelmengen verhalten sich =

0,08 : 6,31 : 27,50.

Denselben entsprechend setzt sich die Zinkblende atomistisch zusammen aus:

Zn.	55,13
Cd.	0,28
Fe.	11,05
S.	33,54
	100,00

Im Uebrigen besteht sie, vom Cadmiumgehalt abgesehen, aus 22 (ZnS.) 5 (FeS.), welche Mischung die atomistische Zusammensetzung:

Zn.	55,55
Fe.	10,88
S.	33,57
	100,00

verlangt.

Specielle Verwerthung findet die Zinkblende nicht, sie wird

vielmehr mit dem Magnetkies, dem sie stets eingesprengt ist, der Verwitterung ausgesetzt.

Bleiglanz. Das Vorkommen von Bleiglanz ist ein beschränktes. Wiewohl [1] auf allen Lagerstätten hier und da erscheinend, wurde der Bleiglanz besonders in den oberen Teufen auf dem sog. Ausläufer im Hangenden des Hauptlagers häufiger gefunden. Da er einen beträchtlichen Gehalt an Silber besitzt, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass derselbe in alter Zeit zur Benennung des Silberberges Veranlassung gab, denn es wurden noch in den Jahren 1611—1613 gegen 1230 Zentner dieses Bleierzes gewonnen.

Der Bleiglanz ist grossblättrig und durch seinen hohen Silbergehalt ausgezeichnet, der je nach den Fundstätten wechselt; so schwankt derselbe zwischen 0,34—0,68 %. Das Silber soll einen geringen Goldgehalt aufzuweisen haben. Wie bereits erwähnt, ist das Vorkommen beschränkt, und lohnt sich deshalb die Verarbeitung nicht. Meistens findet man den Bleiglanz in grünen Feldspath eingesprengt, dessen Analyse im letzten Theil dieser Arbeit zu finden ist. Das Material, welches von mir untersucht wurde, stammte aus der Grube „Gottesgabe höchstes" und ist wie folgt zusammengesetzt:

Pb.	84,56
Fe.	0,48
Zn.	1,08
Ag.	0,39
S.	13,67
	100,18

spec. Gew. 7,465.

Die Schwefelmengen verhalten sich =

0,06	:	0,27	:	0,53	:	13,07
1		4,5		9		218.

Atomistische Zusammensetzung:

Pb.	84,16
Fe.	0,47
Zn.	1,09
Ag.	0,40
S.	13,88
	100,00

1) v. Gümbel, geog. Beschr. etc. S. 253.

Magneteisen. Das Magneteisen kommt theils blättrig, theils kleinkörnig zwischen Schwefelmetalle eingesprengt vor. Die blättrige Varietät zeichnet sich durch ihre stark attraktorische Eigenschaft aus und kommt merkwürdiger Weise auf der obersten Spitze des Berges vor, wo sie höchst wahrscheinlich durch den früher betriebenen Bergbau blosgelegt wurde. Das kleinkörnige Magneteisen ist nur schwach attraktorisch und mit Schwefelmetallen so durchsetzt, dass es selbst mit Hülfe eines Magneten nicht gelang, reines Material für die Untersuchung zu gewinnen. Die Analyse bezieht sich daher nur auf die blättrige Varietät, welche rein und für die Analyse verwendbar erhalten werden konnte. Dieselbe ergab folgendes Resultat:

Fe_2O_3	68,11
FeO	30,85
MnO	0,80
	99,76

spec. Gew. 4,951.

Sauerstoffverhältniss von

MeO	:	Me_2O_3
7,03		20,43
1		2,9

Atomistische Zusammensetzung:

Fe_2O_3	68,38
FeO	30,85
MnO	0,77
	100,00

Qualitativ konnten andere Metalle nicht nachgewiesen werden. Von Titan, dem häufigen Begleiter des Magneteisens war es gänzlich frei; indessen ist es noch unentschieden, ob der Titangehalt dem Magneteisen eigenthümlich ist, oder ob er von einer Beimengung von Titaneisen, welches zuweilen damit vorkommt, herrührt.

Arsenkies. Den Arsenkies verdanke ich der Güte des Herrn Prof. v. Sandberger; er stammt vom Hühnerkobel bei Rabenstein und ist bis jetzt noch nicht analysirt worden. Ich fand denselben zusammengesetzt aus:

As.	47,18
S.	17,68
Fe.	34,67
	99,53
spec. Gew.	6,000.

Arzruni[1]) weist darauf hin, dass die Zusammensetzung der Arsenkiese von Fundort zu Fundort wechselt, ohne eigentlich jemals der Formel (FeS_2 + $FeAs_2$) oder auch nur derjenigen (m. FeS_2 + n. $FeAs_2$) genau zu entsprechen. — Berechnet man aus dem Schwefel die für FeS_2 erforderliche Menge Eisen und sucht einerseits das Atomverhältniss des restirenden Eisens zum Arsen, andererseits das der Eisenmengen unter sich, so kommt man zu der Formel

$$\left\{ \begin{array}{l} 5\,(FeS_2) \\ Fe_6As_{11} \end{array} \right.$$

welche die atomistische Zusammensetzung:

As.	46,85
S.	18,17
Fe.	34,98
	100,00

verlangt. Dieselbe entspricht annähernd den gefundenen Zahlen.

1) Zirkel, Mineralogie 318.

Verwitterungsprodukte.

Die Erze des Silberberges, vorzugsweise Magnet- und Eisenkiese, werden nach Angabe des Herrn Hüttenverwalter Benedikt in folgender Weise nutzbar gemacht. Zunächst werden die gewonnenen Erze auf ungefähr zwei Fuss hohe Holzstösse, in Quantitäten von 200—400 Metercentnern aufgeschüttet und das Holz in Brand gesetzt. Nach Verlauf von 24 Stunden sind die Haufen durchgebrannt oder aufgeschlossen, wie die Bergleute zu sagen pflegen; alsdann werden sie mit Wasser gelöscht, zerkleinert und möglichst sorgfältig von der Gangart geschieden.

Die so vorbereiteten Erze werden mitunter noch mit einem Holzrost umgeben, in Quantitäten von 3000—5000 Metercentnern auf kegelförmige Haufen gestürzt und sich 4—5 Jahre der Selbstzersetzung überlassen, d. h. dem Einfluss der Atmosphärilien ausgesetzt. Das Abbrennen des zweiten Holzrostes dient zur Unterstützung der zuweilen zurückgebliebenen Verwitterung. Nach den in der Praxis gemachten Erfahrungen ist die durch Sauerstoff und Wasser bedingte Gewichtszunahme der einzelnen Haufen eine ganz bedeutende, sie soll im Durchschnitt 30 % betragen.

Die Verwitterung erfolgt nun in der Weise, dass in der äusseren Zone der Erzhaufen die Vitriolbildung vorherrscht, während im Inneren derselben eine Eisenoxyd- und Eisenoxydhydrat-Bildung zu beobachten ist. Es findet dies seine Erklärung darin, dass die in den Erzhaufen herrschende Wärme, welche nach angestellten Messungen im Inneren derselben über 150° C. beträgt, den Schwefel förmlich sublimirt. Derselbe blüht an der Oberfläche der einzelnen Haufen aus, wird hier oxydirt und tritt, durch Feuchtigkeit veranlasst, mit den Erzen, hauptsächlich denen der äusseren Zone in Wechselwirkung. Die stets vorhandene Schwefelsäure ist der Grund, warum die Oxydbildung in den Hintergrund tritt.

Die eisen- und kupfervitriolhaltigen Erze, Salzerze genannt,

dienen ausschliesslich zur Vitriolgewinnung, während die inneren mehr aus Eisenoxyd bestehenden, sogenannten Stockerze das Material zur Potéebereitung liefern. Hierzu werden dieselben in besonders dazu erbauten Flammenöfen geröstet; die Oxydulsalze werden in Oxydsalze übergeführt und der Schwefel zum grössten Theil entfernt. Die so erhaltenen Rösterze, welche im Durchschnitt 70% von der angewandten Menge betragen, werden auf Haufen gestürzt und nach vollkommenem Erkalten mit Wasser angewässert, wodurch sie aufgelockert werden. Aus den Rösterzen wird durch Schlämmprocesse das Potée gewonnen, welches sich als sogenannter Schwand zu Boden setzt; derselbe wird nochmals nach dem Trocknen gebrannt, hierdurch nahezu von Schwefelsäure und Wasser befreit und als rohes Potée in den Handel gebracht. Das reine oder raffinirte Potée wird aus diesem durch nochmaliges Schlämmen und Filtriren durch Säcke gewonnen.

Zur Vitriolgewinnung werden die Salzerze mit heissem Wasser, ohne Zusatz von Säure, ausgelaugt und die so erhaltene Rohlauge längere Zeit sich absetzen lassen. Alsdann wird dieselbe von dem aus bas. schwefelsauerem Eisenoxyd bestehenden Bodensatze, aus dem Potée bereitet wird, getrennt, mit sog. Bühnlauge versetzt und bis zu 25° B. versotten. Nach abermaligem Absetzen wird auf 42—45° B. concentrirt, aus welcher Lauge dann der Eisenvitriol auskrystallisirt. Das gleichzeitig vorhandene Kupfer wird mittelst Eisenplatten als Cämentkupfer ausgeschieden; durch gelindes Rösten wird dieses in Kupferoxyd übergeführt, welches man in conc. Kupfervitriollösung löst und dann der Krystallisation überlässt.

Die beim Auslaugen verbleibenden Erzrückstände, ca. 10% von dem in Anwendung genommenen Material ausmachend, werden nochmals drei bis vier Jahre dem Einfluss der Atmosphärilien ausgesetzt; die daraus erhaltene Lauge ist die oben erwähnte Bühnlauge.

Im Folgenden sei erst kurz die Analyse geschildert, wie sie bei den Verwitterungsprodukten ausgeführt wurde. Es wurde zunächst in bekannter Weise der Wassergehalt des Materials bestimmt und dieser sammt dem später verbleibenden Rückstande von Gangart, von der in Anwendung genommenen Menge in Abzug gebracht. — Um einer Zersetzung des Eisenvitriols vorzubeugen, wurde salzsaures Wasser benutzt und mit diesem, die in dem-

selben löslichen Substanzen ausgezogen. Der wässerige Auszug, auf ein bestimmtes Volumen gebracht, wurde, nachdem durch die qualitative Analyse Aufschluss über die Zusammensetzung der Lösung gegeben war, quantitativ nach bekannten Methoden analysirt. Aus dem unlöslichen, bei 100° getrockneten Rückstande konnte die in Lösung gegangene Menge berechnet werden. Der Rückstand selbst diente zur Bestimmung des freien und gebundenen Schwefels, der an basische Salze gebundenen Schwefelsäure und der in ihm enthaltenen Metalle. Zu letzterem Zwecke wurde er mit Königswasser behandelt, die Salpetersäure möglichst entfernt und die quantitative Zusammensetzung in bekannter Weise ermittelt. Die Bestimmung des freien Schwefels wurde mit wiederholt rectificirtem Schwefel-Kohlenstoff und die des gebundenen Schwefels durch Schmelzen mit Salpeter und Soda ausgeführt. Die an basische Salze gebundene Schwefelsäure konnte in der Weise ermittelt werden, dass die im Rückstande vorhandenen basischen Salze mit 10% Sodalösung zerlegt wurden; in dem mit Salzsäure sauer gemachten Filtrate wurde die Schwefelsäure mittelst Chlorbarium bestimmt. — Von der Bestimmung der Alkalien und Erdalkalimetallen wurde abgesehen, da sie nur geringe Bedeutung haben und ausserdem auch in verhältnissmässig geringer Menge vorhanden waren.

Die Resultate meiner Analysen sind im Folgenden übersichtlich zusammengestellt und geben Aufschluss über den Verwitterungsprocess, welchen die Erze im Laufe der Zeit durch den Einfluss der Atmosphärilien durchmachen.

	1. Aufbereitung der Erze. In Wasser lösl. 1,00%	2. Aufbereitung der Erze. In Wasser lösl. 5,80%	Nach einjähriger Verwitterung in Wasser lösl. 21,80%	Nach zweijähriger Verwitterung in Wasser lösl. 62,30%	Nach dreijähriger Verwitterung in Wasser lösl. 20,50%	Nach vierjähriger Verwitterung in Wasser lösl. 90,00%
SO_3	48,07	48,30	49,55	48,80	47,00	47,80
Al_2O_3	—	3,84	—	—	—	3,02
CuO	Spur	Spur	Spur	Spur	2,44	2,32
FeO	22,65	38,53	42,00	39,75	39,00	39,00
MnO	2,88	1,80	0,41	0,67	1,10	1,01
ZnO	7,28	1,34	0,93	2,20	1,18	0,98
CaO	7,77	2,17	—	5,22	5,50	2,60
MgO	—	—	—	—	—	0,54
K_2O	10,44	4,72	3,22	2,41	4,63	1,65
Na_2O	—	—	2,22	—	—	—
	99,09	100,70	98,33	99,05	100,85	98,92

Erzrückstände.

	Nach der 1. Aufbereitung in Wasser unlöslich 99,00%	Nach der 2. Aufbereitung in Wasser unlöslich 94,20%	Nach einjähriger Verwitterung in Wasser unlöslich 79,20%	Nach zweijähriger Verwitterung in Wasser unlöslich 37,70%	Nach dreijähriger Verwitterung in Wasser unlöslich 79,50%	Nach vierjähriger Verwitterung in Wasser unlöslich 10,00%
Fe.	55,07	65,58	48,80	45,40	49,28	48,42
Cu.	Spur	Spur	Spur	Spur	2,00	—
Zn.	7,70	0,32	6,21	15,80	8,66	6,04
Mn.	Spur	0,65	Spur	—	1,40	—
S.	34,55	29,60	23,92	29,31	26,40	24,45
freier S.	0,53	1,61	3,03	2,50	6,12	3,30
SO_3	0,27	1,00	2,32	2,75	2,02	4,17
			Berechnet:			
$Fe_{11}S_{12}$	80,10	75,44	54,33	56,09	54,24	55,82
ZnS	11,49	0,47	9,27	23,57	12,92	9,04
Fe.	5,73	19,06	15,33	10,85	15,87	14,02
MnS	—	1,18	—	—	2,21	—
Cu_2S	—	—	—	—	2,50	—

Betrachtet man die erhaltenen Resultate, so erscheint im Allgemeinen die Verwitterung als eine höchst gleichmässige. Sie schreitet von Jahr zu Jahr weiter und ist meistens nach Verlauf von vier Jahren beendet. Dass dieselbe jedoch von mannigfachen Bedingungen, namentlich von der Lage und der inneren Wärme der Haufen abhängig ist, beweist die Analyse des dreijährigen Verwitterungsproduktes, welches in seiner Verwitterung nicht weiter fortgeschritten ist als das einjährige. Wie bereits früher erwähnt, wird die Verwitterung durch Oxydation des in wechselnden Mengen vorhandenen freien Schwefels eingeleitet. Bisweilen muss die Verwitterung anfangs durch Wärmezufuhr unterstützt werden; es geschieht dies durch Abbrennen eines zweiten Holzrostes und wird als zweite Aufbereitung bezeichnet. Dieselbe übt jedoch, wie die vorliegende Analyse bestätigt, keinen Einfluss auf die Zusammensetzung der in Wasser löslichen Produkte aus, höchstens wird wie bei der ersten Aufbereitung der Zinkgehalt etwas gesteigert. Vielmehr hängt diese Zusammensetzung von der noch vorhandenen Gangart ab, aus welcher die theilweise vorhandenen Mengen von Thonerde, Kalk und Alkalien herrühren, ganz besonders ist dies bei der ersten Aufbereitung der Fall, wo die Gangart von den Erzen noch nicht geschieden ist. Die Reinheit des zu erzielenden Eisenvitriols ist demnach an die sorgfältige Entfernung der Gangart geknüpft.

Während Eisen, Mangan und Kupfer, welches letztere allerdings nur in zwei Proben quantitativ zu bestimmen war, durch den Einfluss der Atmosphärilien leicht in Vitriole umgewandelt werden, widersteht die dem Magnetkies eingesprengte Zinkblende hartnäckig der Verwitterung: nur ein äusserst geringer Theil wird in schwefelsaures Zink übergeführt.

Früher wurde neben Eisen und Kupfervitriol noch Alaun gewonnen; meistens ist jedoch, wie die Analysen beweisen, der Thonerdegehalt gering oder überhaupt nicht vorhanden; man hat deshalb von der Alaungewinnung Abstand genommen.

Wesentlich verschieden von einander gestalten sich die verbleibenden Erzrückstände. Der Grund dieser Verschiedenheiten mag einerseits in der Verschiedenheit des Materials, andererseits in dem grösseren oder geringeren Verluste von Schwefel bei der Aufbereitung zu suchen sein. Im vorliegenden Fall konnte in dem aus Magnetkies bestehenden Material ein Schwefelverlust von

nahezu 3% constatirt werden, jedenfalls beträgt derselbe mehr wenn nicht nur Magnetkies, sondern auch Eisenkiese vorhanden sind. Wie aus den Resultaten der Analyse ersichtlich und auch bereits erwähnt wurde, verwittert die Zinkblende wenig; man ist deshalb berechtigt den in den Erzrückständen gebundenen Schwefel zunächst an Zink und dann erst den verbleibenden Rest an Eisen zu binden. Bei der Berechnung liegt die Formel des Magnetkieses zu Grunde, da das Material doch vorwiegend aus demselben besteht. In welcher Verbindung das Eisen im Erzrückstande vorhanden ist, ist schwer zu entscheiden; jedenfalls ist es eine schwefelärmere Verbindung als die des Magnetkieses. Ausser dieser weisen dieselben einen von Jahr zu Jahr steigenden Gehalt an Eisenoxyd und basisch schwefelsaurem Eisenoxyd auf, welche Thatsache zur obigen Annahme berechtigen dürfte. Die in den Analysen der Erzrückstände sich ergebenden Differenzen sind dementsprechend durch Sauerstoff zu ergänzen, da durch die Aufnahme desselben die Oxydbildung bedingt ist.

Stockerze.

Nach vierjähriger Verwitterung in Wasser			
löslich 40,40%		unlöslich 59,60%	
SO_3	50,86	Fe.	58,91
FeO	44,77	S.	22,73
MnO	0,23	S. (frei)	0,13
ZnO	1,20	SO_3	2,27
CaO	0,25	Mn.	0,31
MgO	0,78	Zn.	3,50
K_2O	0,81	(Differenz) O.	12,15
	98,90		100,00

Was schliesslich die Stockerze betrifft, so sei zuerst bemerkt, dass dieselben erst mit der Aufarbeitung der einzelnen Haufen zugänglich sind und deshalb hier nur die Zusammensetzung der als vollendet betrachteten Verwitterung angeführt werden kann. Erfahrungsgemäss sollen dieselben nach Verlauf von vier bis fünf Jahren einen grösseren Gehalt an Eisenoxyd und basisch schwefelsaurem Eisenoxyd aufzuweisen haben, doch konnte dies keineswegs

in dem zur Untersuchung vorliegenden Material bestätigt werden. Dasselbe zeigt vielmehr eine, den bei den Salzerzen verbleibenden Rückständen ähnliche Zusammensetzung und unterscheidet sich nur von diesen durch die geringe Menge freien Schwefels. Andererseits ist die Löslichkeit im Wasser vermindert, doch ist im Wesentlichen kein Unterschied in der Zusammensetzung dieser Lösung zu bemerken. Der äusserst geringe Gehalt an freiem Schwefel mag als ein Beweis dafür betrachtet werden, dass dieser nach der Oberfläche der Erzhaufen sublimirt wird und durch die hier stattfindende Oxydation die Bildung der Salzerze veranlasst. — Wesentlich anders gestalten sich die Verhältnisse nach dem Röstprocess, welchem die Stockerze direct ohne vorherige Auslaugung unterworfen werden. Ein nach dem Anwässern untersuchtes Material bestand aus:

Fe_2O_3	70,30
S.	3,45
SO_3	4,06
Zn.	2,67
H_2O	20,23
	100,71

Die Eisenoxydulsalze sind vollständig in Eisenoxyd übergeführt und der Schwefel ist bereits zum grössten Theil vom Eisen entfernt. Bemerkenswerth dagegen ist die ausserordentlich grosse Widerstandsfähigkeit der Zinkblende, zu deren Zersetzung scheinbar hohe Temperaturen und ein wiederholtes Rösten erforderlich sind. Dass dieselbe vollständig zersetzt und das Zink späterhin durch den Schlämmprocess grösstentheils verloren geht, beweist der Umstand, dass die Potéesorten keine oder nur minimale Mengen von Zink aufzuweisen haben.

Aus diesen Rösterzen wird das Potée durch nochmaliges Rösten und an dieses sich anreihendes Schlämmen gewonnen. Im Allgemeinen ist es Eisenoxyd, das sich schwer in Salzsäure löst, mehr oder weniger mit Gangart verunreinigt ist und noch einen verhältnissmässig geringen Gehalt an Schwefelsäure aufzuweisen hat. Die Güte des Produktes hängt demgemäss von dem Gehalt dieser und dem minderen Gehalt an Gangart ab. Während das Rohpotée noch 1,49 % Schwefelsäure aufzuweisen hat, ist

dieselbe in den besseren Potéesorten bis auf 0,57 % entfernt. Der Gehalt an Gangart ist in beiden Potées derselbe geblieben.

	Rohpotée.	Gereinigtes Potée.
Fe_2O_3	84,81	88,76
SO_3	1,49	0,57
H_2O	3,10	1,25
Gangart	9,96	9,87
	99,36	100,45

Secundäre Bildungen.

Von den secundären Bildungen, durch Umwandlung ursprünglicher Mineralien entstanden, gehört ein mit dem Namen „Zinkvitriol“ belegtes Produkt zu den interessantesten Neubildungen. Dasselbe bildet sich in einer Altung der Grube Barbara und findet sich ebenso wie der Eisenvitriol an Gesteinswänden und auf dem Grubenboden. Es krystallisirt in feinen, zu Büscheln angeordneten Nadeln, von welchen das Krystallsystem leider nicht bestimmt werden konnte; die Krystalle zeigten Doppelbrechung und gehören vermuthlich dem monoklinen System an. Die chemische Zusammensetzung ist folgende:

SO_3	36,59
Al_2O_3	10,87
ZnO	4,26
FeO	1,91
MnO	0,60
MgO	2,56
H_2O	44,05
Cu, Cd	Spuren
	100,84.

Aus derselben lassen sich nach zwei Richtungen hin Formeln ableiten, von welchen die eine in bester Uebereinstimmung mit den gefundenen Resultaten steht. Betrachtet man nämlich Eisen, Mangan und Magnesia als Substitutionselemente des Zinks, so kommt man zu der Formel:

$$2\,(Al_2\,(SO_4)_3) + 3\,(ZnSO_4) + 50\,(H_2O)$$

welche folgende atomistische Zusammensetzung verlangt:

SO_3	34,82
Al_2O_3	9,91
ZnO	11,31
H_2O	43,52
	99,55

und weniger gut mit den einzelnen gefundenen Werthen übereinstimmt. Berechnet man dagegen aus der Schwefelsäure die schwefelsauren Salze und sucht die Atomverhältnisse, so lässt sich folgende Formel ableiten:

$$13\ (Al_2\ (SO_4)_3 + 13\ H_2O) + 7\ (ZnSO_4 + 7\ H_2O) + 3\ (FeSO_4 + 7\ H_2O) + (Mn\ SO_4 + 7\ H_2O) + 8\ (MgSO_4 + 7\ H_2O)$$

Unter der Annahme, dass die Vitriole mit 7 Mol. Wasser krystallisiren, bleiben für Thonerdesulfat 13 Mol. übrig; indessen kann das Wasser auch für sich in der Formel zum Ausdruck kommen und gestaltet sich dieselbe:

$$13\ (Al_2\ (SO_4)_3) + 7\ (ZnSO_4) + 3\ (FeSO_4) + (MnSO_4) + 8\ (MgSO_4) + 305\ (H_2O).$$

Diese Formel erfordert folgende atomistische Zusammenstetzung:

SO_3	36,72
Al_2O_3	11,35
ZnO	4,48
FeO	1,71
MnO	0,56
MgO	2,53
H_2O	42,65
	100,00

welche, wie bereits erwähnt, mit den gefundenen Zahlen in bester Uebereinstimmung steht. Ob dieser Zinkvitriol aus Zinkblende und dem umliegenden Gestein entstanden ist, konnte nicht entschieden werden; jedenfalls weisen aber die Spuren Cadmium auf Entstehung aus Zinkblende hin. In der Litteratur ist dieses höchst merkwürdige Umwandlungsprodukt bis jetzt nicht bekannt; ganz besonders muss der Isomorphismus zwischen dem Aluminium und Zink hervorgehoben werden, eine Erscheinung, die noch nicht beobachtet wurde und deshalb das grösste Interesse in Anspruch nimmt. Andererseits ist es nicht minder interessant zu wissen, dass Zink ähnlich dem Eisen, durch Mangan, Eisen und Magnesium vertreten werden kann.

Aehnlich diesem Zinkvitriol findet man den aus Magnet- oder Eisenkiesen entstandenen Eisenvitriol, der bisweilen in grossen ausgebildeten Krystallen das Grubenholz in zerfallenen Bauen bedeckt. Er weicht vom künstlichen durch seinen Gehalt an Zink,

Mangan und Magnesia ab; seine chemische Zusammensetzung ist folgende:

SO_3	29,20
FeO	22,32
ZnO	1,52
MnO	0,36
MgO	1,67
H_2O	44,52
	99,59

Auch hier lässt sich eine entsprechende Formel ableiten, wenn man in derselben Weise wie beim Zinkvitriol aus der Schwefelsäure die schwefelsauren Salze berechnet und deren Atomverhältniss sucht. Der Eisenvitriol entspricht dann folgender Zusammensetzung:

$60\,(FeSO_4) + 4\,(ZnSO_4) + (MnSO_4) + 8\,(MgSO_4) + 500\,(H_2O)$
welche atomistisch die folgende ist:

SO_3	29,33
FeO	21,74
ZnO	1,65
MnO	0,36
MgO	1,63
H_2O	45,29
	100,00

Dieselbe stimmt mit den gefundenen Zahlen im Grossen und Ganzen überein. Das Krystallwasser kann auf die einzelnen Bestandtheile vertheilt werden und zeigt, dass denselben nahezu 7 Mol. zukommen. Hier ist der Zink- und Magnesiagehalt ebenso merkwürdig, als der Thonerde- und Magnesiagehalt im vorhergehenden Produkt. Justus Roth schreibt in seiner chemischen Geologie: Aus der Einwirkung auf die umgebende Gebirgsart ist der Gehalt an Kalk, Magnesiumsulfat etc. in den Vitriolen abzuleiten. Eisenkies setzt sich bekanntlich sehr leicht um in schwefelsaures Eisenoxydul und freie Schwefelsäure, welch' letztere auf die umgebende Gebirgsart zersetzend wirkt und Sulfate liefert, die sich mit den Eisensulfaten verbinden.

Als Zersetzungsprodukt des Eisenvitriols tritt der Vitriolocker auf. Nach v. Gümbel[1]) ist Vitriolocker basisch schwefelsaures

1) v. **Gümbel**, geog. Beschr. etc. S. 255.

Eisenoxydhydrat, ein Mineral von schwankender Zusammensetzung, welches sich theils in Form lockeren, staubartigen Schlamms von ockergelber Farbe da absetzt, wo eisenvitriolhaltiges Wasser in Altungen längere Zeit steht oder auch in Schlammrinnen fortfliesst, theils in Form von Stalaktiten an den Firsten oder als Krusten auf Gesteinswänden ausgeschieden wird. — Das von mir untersuchte Material enthält nur wenig basisches Salz und besteht aus:

Fe_2O_3	38,77
SO_3	2,05
H_2O	58,88
	99,70

welche Zusammensetzung mehr dem Eisen- als dem Vitriolocker entspricht. Im Wesentlichen ist es Eisenoxydhydrat, dem sich nur eine äusserst geringe Menge basisches Salz zugesellt.

Ein weiteres in Altungen des Silberberges auftretendes Zersetzungsprodukt ist der Grubenschwand; eine im nassen Zustande schmierige, im trocknen erdige Masse, welche als sog. weisser und gelber Grubenschwand vorgefunden wird. Ersterer wurde von v. Gümbel mit dem Namen Winebergit[1]) belegt und besteht im Wesentlichen aus basisch schwefelsaurer Thonerde. v. Gümbel gibt folgende Zusammensetzung an:

SO_3	15,61
Al_2O_3	40,80
Fe_2O_3	2,60
MgO	0,78
H_2O	40,21
	100,00

Der gelbe Grubenschwand besitzt eine ganz abweichende, mehr dem Pissophan entsprechende Zusammensetzung; er besteht nämlich aus:

Fe_2O_3	49,07
SO_3	31,72
K_2O	1,70
H_2O	16,82
	99,31

---

1) v. Gümbel, ibidem. Seite 260.

sehr nahe die Formel:

$KHSO_4 + 3 (Fe_2 (SO_4)_3) + 4 (Fe_2 (OH)_6) + 11 (H_2O)$

liefernd.

Man könnte vermuthen, dass das Kalium in Form von Eisenkaliumalaun darin enthalten wäre, allein im wässerigen Auszuge war nur Kalium enthalten; jedenfalls ist es merkwürdig, dass das Kalium aus der schmierigen Masse nicht ausgewaschen wird. Der weisse sowohl, als der gelbe Grubenschwand sollen Zersetzungsprodukte von Schwefelkies und Feldspath sein; aus letzterem rührt wohl der Kaligehalt her.

Als weiteres Zersetzungsprodukt von Schwefelkies ist der Brauneisenstein zu erwähnen. Es ist bekannt[1]), dass alle Kieslagerstätten sich schon an der Oberfläche durch die massigen Brauneisensteinablagerungen verrathen, welche oft auf weite Strecken selbst dem Ackerboden eine eisenbraune Färbung ertheilen. Dieser Brauneisenstein ist der Eisenhut der in grösserer Tiefe unzersetzt durchstreichenden Kieslager. So ist die Kuppe des Silberberges reichlich mit Brauneisensteinstücken bedeckt, welche aus den an der Oberfläche zersetzten Schwefel- und Magnetkiesen entstanden sind und hier wohl die erste Veranlassung zu einem Bergbau behufs Gewinnung von Eisenerzen gegeben haben. Auf dem Kieslager selbst stösst man gleichfalls nicht selten, namentlich in Altungen, auf zum Theil mächtige Massen von Brauneisenstein in allen Formen vom mulmig erdigen Zustande bis zum dichten glaskopfartigen. Nicht selten besitzt er noch die Form des Schwefelkieses, aus dem er als Pseudomorphose entstanden ist. Ich fand denselben zusammengesetzt aus:

Fe_2O_3	82,17
SO_3	2,02
SiO_2	1,44
P_2O_5	0,25
H_2O	14,22
	100,10

Wöhler[2]) macht darauf aufmerksam, dass die Kieselsäure im Brauneisenstein in Form eines Silicats enthalten sei. Abgesehen

---

1) v. Gümbel, geog. Beschr. etc. Seite 255.

2) F. Rammelsberg, Mineralchemie. Seite 185.

vom Säuregehalt ist der Brauneisenstein ein Eisenoxydhydrat, dem die Formel ($Fe_2(OH)_6 \cdot Fe_2O_3$) zukommt.

Fe_2O_3	85,56
H_2O	14,44
	100,00

Auffallend ist der Phosphorsäuregehalt sowohl im Brauneisenstein, als in dem dort häufiger vorkommenden Vivianit, da unter den Erzen des Silberberges keine Phosphate bekannt sind. v. Gümbel[1]) gibt beim Vivianit folgende Erklärung: Es ist kaum anders denkbar, als dass die Phosphorsäure von organischen Substanzen abstamme, welche erst während des Bergbaues in's Innere der Lagerstätte gelangen. Dies gewinnt durch den Umstand an Wahrscheinlichkeit, dass der Vivianit als sekundäres Gebilde und ausschliesslich in Altungen sich zeigt, wo er auf Gesteinswänden, oft auch auf Rinden von Brauneisenstein oder Stilpnosiderit aufsitzt. Die Zersetzung von Schwefelkies bei Gegenwart organischer Substanzen scheint den Process der Herstellung phosphorsaurer Salze besonders zu begünstigen, weil das Mineral auch auf anderen Kiesgängen, z. B. denen von Cornwallis gefunden wird. Rammelsberg führt in seiner Mineralchemie (Seite 314) folgende Analyse für den krystallisirten blauen Vivianit an:

P_2O_5	29,01
Fe_2O_3	11,60
FeO	35,65
H_2O	23,74
	100,00

welcher die von mir ausgeführte nur gegenüber gestellt werden soll.

P_2O_5	28,24
Fe_2O_3	11,43
FeO	36,58
H_2O	23,50
	99,75

Der Vivianit [2]) ist ursprünglich in seinem farblosen Zustand nur neutrales wasserhaltiges phosphorsaures Eisenoxydul gewesen; an der Luft hat er sich theilweise in basisches Eisenoxydphosphat

1) v. Gümbel, geog. Beschr. etc. Seite 258.

2) Zirkel, Mineralogie, Seite 527.

oxydirt. Rammelsberg war es, welcher zuerst auf diesen Vorgang aufmerksam machte, indem er zeigte, dass die blauen Vivianit-Krystalle eine grosse Menge Eisenoxyd enthalten.

Die vorstehende Analyse führt nahezu zu der Formel:

$$7\ ((FeO)_3\ (P_2O_5) + 8\ (H_2O)) + ((Fe_2O_3)_3\ (P_2O_5)_2) + 8\ (H_2O))$$

welcher allerdings die etwas abweichende atomistische Zusammensetzung:

P_2O_5	28,90
Fe_2O_3	10,85
FeO	34,20
H_2O	26,05
	100,00

gegenüber steht.

Ein weniger häufig vorkommendes Umwandlungsprodukt der Kieslagerstätte ist der Thraulit, ein amorphes bräunlich-schwarzes Gebilde von glasartigem Aussehen. Dasselbe wird durch Salzsäure unter Abscheidung von Kieselsäure leicht zersetzt. Zirkel[1]) weist darauf hin, dass die chemische Zusammensetzung dieser wasserhaltigen Eisensilicate quantitativ sehr wechselnd ist. v. Kobell gibt für eine Varietät folgende Zusammensetzung:

SiO_2	31,28
Fe_2O_3	42,79
FeO	5,70
H_2O	19,12
	98,89

an und glaubt, dass der Thraulit im Allgemeinen ein Eisenoxyd-Silicat sei. Eine von mir untersuchte Varietät enthielt nur 1,77 Eisenoxydul und bestand aus:

SiO_2	35,97
Fe_2O_3	48,55
FeO	1,77
H_2O	13,54
	99,83

welche Zusammensetzung alsdann der Formel: $2\ (Fe_2O_3)\ 4\ (SiO_2) + 5\ (H_2O)$ entsprechen würde.

1) Zirkel, Mineralogie. S. 737.

Mineralien.

An dieser Stelle möge noch einiger Mineralien Erwähnung geschehen, zu deren Untersuchung mir noch Gelegenheit geboten war.

Ein Metaxit aus Steinmas bei Wunsiedel, wurde mir durch Vermittelung meines sehr verehrten Lehrers, Herrn Hofrath Prof. Dr. Hilger, von Herrn Prof. v. Sandberger zur Untersuchung überlassen; ich fand denselben bestehend aus:

SiO_2	43,39
Al_2O_3	6,01
MgO	36,60
FeO	1,51
H_2O	12,65
	100,16
spec. Gew.	2,523.

Sauerstoffverhältniss von:

MeO	:	Me_2O_3	:	SiO_2
14,93		2,82		23,14
5,3		1		8,2

Feldspath. Der am Silberberge häufig vorkommende grüne Feldspath ist in seiner Zusammensetzung bereits bekannt. So erwähnt v. Gümbel [1]) zwei von Berndt und Potyka, von denen es freilich nicht sicher ist, ob der lauchgrüne oder klinoklastische Feldspath gemeint ist, und eine von ihm selbst ausgeführte Analysen, die wesentlich von einander verschieden sind. Dieselben mögen hier nochmals aufgeführt und darauf hingewiesen werden, dass auch ein geringer Barytgehalt in dem lauchgrünen Feldspath enthalten ist.

1) v. Gümbel, geogn. Beschr. etc. S. 238—239.

	Berndt	Potyka	v. Gümbel	Thiel
SiO_2	63,66	63,12	61,23	63,02
Al_2O_3	17,27	19,78	24,40	19,57
Fe_2O_3	—	—	3,15	—
FeO	0,45	1,51	—	1,25
MnO	0,15	—	—	0,75
CaO	0,39	0,65	5,11	0,25
BaO	—	—	—	0,21
MgO	2,28	0,13	0,18	Spur
K_2O	10,66	12,57	0,06	12,03
Na_2O	5,14	2,11	5,79	2,35
H_2O	—	—	—	1,25
	100,00	99,87	99,92	100,68

Sauerstoffverhältniss von

$Me_2O + MeO$	: Me_2O_3	: SiO_2
3,18	9,20	23,61
1	2,89	10,56.

Das spec. Gew. gibt Berndt zu 2,546 bis 2,549, Potyka zu 2,604 und v. Gümbel zu 2,556 an, während ich dasselbe zu 2,553 fand.

Granat. Es ist bekannt, dass die Umgebung von Bodenmais reich an Pegmatitgängen ist und dass der Pegmatit durch zahlreiche accessorische Beimengungen ausgezeichnet ist. Als solche kommt der Granat vielfach in den Pegmatitgängen von Brandten bei Bodenmais vor. Es ist dies ein Eisen-Thongranat von rothbrauner Farbe, dessen Analyse folgendes Resultat ergab:

SiO_2	35,37
Al_2O_3	17,56
Fe_2O_3	6,90
FeO	32,26
MnO	1,69
CaO	1,52
MgO	3,55
H_2O	0,58
	99,13

spec. Gew. 4,100.

Sauerstoffverhältnis von:

MeO	:	Me_2O_3	:	SiO_2
9,38		10,18		18,86
1,0		1,08		2,01

Weisser Glimmer. Ein wesentlicher Gemengtheil des Pegmatites ist der weisse Glimmer, der oft in grossen Schuppen, welche in Quarzmassen eingewachsen sind, auftritt. In besonders schön ausgebildeten, blättrigen Massen kommt derselbe in den Steinbrüchen von Frath vor, aus welchen das zur Analyse verwendete Material entnommen ist. Dieselbe führte auf folgende Zusammensetzung:

SiO_2	42,76
Al_2O_3	37,08
Fe_2O_3	2,75
FeO	1,35
MgO	0,05
K_2O	8,62
Na_2O	0,84
H_2O	7,40
	100,85
spec. Gew.	2,702.

Sauerstoffverhältniss von:

$Me_2O + MeO$	:	Me_2O_3	:	SiO_2
2		18,27		22,80
1		9,13		11,40

Qualitativ konnten in einer grösseren Menge dieses Glimmers andere Elemente nicht nachgewiesen werden.

Brauner Glimmer. Ein auf den Kieslagern des Silberberges noch häufiger vorkommendes Mineral ist der braune Glimmer, der sich bisweilen in grösseren Massen ausgeschieden dort vorfindet. Er ist Hauptbestandtheil des Dichroitgneisses, lässt sich leicht in dünne Blättchen spalten, welche eine intensiv dunkelgrüne Farbe besitzen. v. Gümbel [1]) führt eine von Prof. v. Kobell ausgeführte Analyse an, welche folgende chemische Zusammensetzung nachweist:

---

v. Gümbel, geog. Beschr. etc. Seite 239.

SiO_2	40,86
Al_2O_3	15,13
Fe_2O_3	13,00
MgO	22,00
KO_2	8,83
Glühverlust	0,44
	100,26

Das spec. Gew. dieser Glimmervarietät gibt er zu 2,700 an, während die von mir untersuchte ein spec. Gewicht von 2,965 ergab und folgende chemische Zusammensetzung zeigte:

SiO_2	33,14
Al_2O_3	18,45
Fe_2O_3	9,03
FeO	13,60
MnO	0,78
CaO	0,28
BaO	0,23
MgO	11,64
K_2O	4,33
Na_2O	1,45
H_2O	8,04
	100,97

Sauerstoffverhältniss von:

$Me_2O + MeO$	:	Me_2O_3	:	SiO_2
9,04		11,28		17,50
1		1,24		1,93

Beide Analysen weichen so bedeutend von einander ab, dass die Glimmervarietäten wohl kaum als identisch zu betrachten sind; immerhin dürfte der Barytgehalt, welchen wenige Glimmer aufzuweisen haben, erwähnenswerth erscheinen.

Da grössere Mengen dieses Glimmers zur Verfügung standen, so konnte auch auf die Schwermetalle und seltenere Elemente untersucht werden. Es wurde qualitativ nachgewiesen:

As, (Sn), Cu, Pb, (Bi).

Notiz über ein von Ibn al Haitam gelöstes arithmetisches Problem.

Von E. Wiedemann.

Ibn al Haitam hat neben vielen physikalischen, geometrischen und astronomischen Problemen sich auch mit arithmetischen beschäftigt; eines derselben lautet[1]):

Eine Zahl soll gefunden werden, die durch 2, 3, 4, 5, 6 dividiert stets 1 als Rest lässt, durch 7 dividiert aber keinen Rest lässt.

Der Verfasser gibt an, dass dies Problem viele Lösungen habe. Zum Auffinden einer Reihe derselben theilt er zwei Methoden mit, eine, die einen speciellen Werth und eine, die ganze Reihen von Werthen liefert. Bei der ersten Methode bildet er das Produkt $2.3.4.5.6 = 720$ und addiert 1 hinzu, er erhält 721, eine Zahl, welche in der That die Eigenschaften der gesuchten hat.

Bei der zweiten Methode addiert er so oft (nämlich 2, 4, 6 ... mal) 7 zu 6, bis er eine durch 4 theilbare Zahl erhält, von dieser nimmt er $^3/_4$, multipliciert mit 20 und addiert zum Resultat 1. Er führt also die in der folgenden Formel wiedergegebenen Operationen aus (n ist eine ganze Zahl)

$$\tfrac{3}{4} \cdot (6 + 2n\ 7) \cdot 20 + 1$$

Er erhält dabei eine Reihe von Zahlen, welche die verlangten Eigenschaften besitzt.

Dass sie durch 2, 3, 4, 5, 6 theilbar ist, ergibt sich ohne weiteres, dass sie durch 7 theilbar ist, ergibt sich bei Auflösung des obigen Ausdruckes

$$90 + 30n\ 7 + 1 = 13 \cdot 7 + 30n\ 7 = (13 + 30n)\ 7.$$

Die so gefundenen Zahlen sind 301, 721 u. s. f.

---

1) Der arabische Text steht in einer Handschrift des India Office zu London. Catalogue of arabic manuscripts in the Library of the India Office by O. Loth pg. 212 Msc. 734 Nr. XX fol. 121.

Ueber elektrische Entladungen.

Vorläufige Mitteilung.

Von E. Wiedemann und H. Ebert.

Einleitung.

1. Die Erscheinungen der elektrischen Entladungen in gasverdünnten Räumen sind sowohl in qualitativer wie in quantitativer Hinsicht vielfach Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Der specifische Unterschied zwischen Anode und Kathode, die Rolle, welche ihre Form und Grösse und zwar vor allem die der Kathode, sowie die des ganzen Entladungsrohres spielen, der dunkle Raum um die Kathode, die Glimmlichtschicht, das Wesen der Kathodenstrahlen mit ihrer ausserordentlichen Wärmewirkung, ihrer Eigenschaft Fluorescenz und Phosphorescenz zu erregen, die Verteilung des Entladungsgefälles, die Wirkung von Ableitungen am Rohre auf dasselbe u. a. m. bieten noch immer der Erklärung grosse Schwierigkeiten.

2. Wir glauben den Versuch einer Erklärung qualitativ wie quantitativ begründen zu können, aus welcher eine grosse Anzahl der Erscheinungen Entladungen in gasverdünnten Räumen einheitlich und ohne Annahme neuer Eigenschaften der elektrischen Bewegungen abgeleitet werden kann [1]). Die Grundvorstellung ist die folgende:

3. Jedes Entladungsrohr ist ein Kondensator [2]), bei dem

1) Im Folgenden ist zunächst wegen Mangels an Raum nur eine Reihe der in Frage kommenden Punkte etwas eingehender besprochen; andere sind nur angedeutet. In einer demnächst in den Annalen der Physik und Chemie erscheinenden Abhandlung werden die Einzelheiten mitgeteilt und dort auch die Untersuchungen anderer Forscher behandelt werden.

2) Wir bemerken ausdrücklich, dass wir bei den hier zunächst mitgeteilten Versuchen Entladungsröhren verwenden, welche mit ihren beiden Metallelektroden in den Schliessungskreis eingeschaltet sind. Bei solchen mit äusseren Belegungen oder solchen ohne Belegungen gestalten sich die Verhältnisse selbstverständlich etwas anders.

die Elektroden die Rolle der Belege, die Gasfüllung die des Dielektrikums spielt. Die aus isolierendem Materiale bestehenden Rohrwände beteiligen sich zum Teil als Belege, indem sie sich mit freier Elektrizität laden, zum Teil sind ihre dielektrischen Eigenschaften massgebend; sie sind für die Capacität des Rohres wesentlich mitbestimmend. Die Capacität ist meist sehr klein; sie ist ausser von der Gestalt und dem Material des Rohres von der Natur des füllenden Gases und dessen Dichte abhängig.

4. Bei der Entladung der Röhre bilden sich elektrische Oscillationen aus, welche für die Art des Elektrizitätsüberganges massgebend sind. Die spezielle Entladungsform richtet sich nach der Art der ausgebildeten Oscillationen, ihrer Periode, Verteilung im Rohr und der Grösse der durch sie übergeführten Energie.

5. Wie sich in den einzelnen Fällen die Erscheinungen gestalten müssen, darüber giebt die Theorie der elektrischen Oscillationen Aufschluss, welche seit den Arbeiten von G. Kirchhoff und Sir W. Thomson nach den verschiedensten Richtungen hin ausgebaut und namentlich in neuester Zeit durch ausgedehnte experimentelle Untersuchungen bestätigt worden ist. Wir bemerken, dass wir von dieser Theorie zunächst nur Sätze benutzen werden, welche sich sowohl vom Standpunkte der Maxwell'schen Theorie (Arbeiten von Maxwell, Lord Rayleigh, Hertz, Poynting u. A.) als auch vom Standpunkte der älteren Theorien von F. Neumann und W. Weber ergeben (z. B. Arbeiten von Kirchhoff und Stefan).

6. Wir wollen die hier zur Anwendung kommenden bekannten Eigenschaften rascher elektrischer Schwingungen kurz zusammenstellen. Eine genaue Diskussion der Erweiterungen, die sie in den einzelnen Fällen erfahren, wird später gegeben werden.

I. Elektrische Schwingungen verlaufen fast nur in der Oberfläche der Leiter. Bei immer grösseren Schwingungszahlen verlaufen sie mehr und mehr an der Grenze von Leiter und Dielektrikum. Kommen rasche elektrische Schwingungen aus dem Dielektrikum an einen Leiter, so dringen sie nicht oder nur sehr wenig in diesen ein. Hierauf beruht die Schirmwirkung der Metalle solchen Schwingungen gegenüber. Wir können sagen, Metalle erzeugen vermöge ihrer Eigenschaft dem Eindringen der Schwingungen einen Widerstand (Impedienz engl. Impedanz) entgegen zu stellen hinter sich einen elektrodynamischen Schatten.

II. Nicht nur hinter sich, sondern auch unmittelbar vor sich, üben die Metalle eine Schirmwirkung aus; sie kommt durch die Wechselwirkung der ankommenden und vom Metalle zurückgeworfenen Wellen zu Stande. Dieselbe studierte z. B. Stefan in der Weise, dass er die „sekundäre“ und die „primäre“ Funkenstrecke auf derselben Seite einer Blechtafel und zwar erstere knapp vor derselben aufstellte. Auch vor sich erzeugt eine Metallfläche, wenn sie elektrischen Oscillationen ausgesetzt wird einen Schatten, einen dunklen Raum, elektrodynamisch gesprochen.

III. Elektrische Schwingungen ordnen sich auf einem Leiter gerade so an, wie es die freie Elektrizität thun würde, die man auf ihn bringt; sie drängen sich also bei einem abgeschnittenen Drahte gegen das Ende desselben hin, bei einer Platte gegen den Rand derselben.

IV. Bringt man in die Nähe eines Leiters, auf dem Oscillationen stattfinden, einen anderen Leiter, so verschieben sich die Oscillationen auf ersterem gerade so, wie sich freie Elektrizität auf ihm nach einem in die Nähe gebrachten Leiter hin verschieben würde, der auf sie influenzierend wirkt.

V. Die genannten Eigenschaften sind bei sehr schnellen Schwingungen nahezu unabhängig vom Ohm'schen Widerstand des Leitermateriales.

7. Um zu zeigen, dass diese wenigen bekannten, auf Grund der älteren wie der neueren Theorie der Elektrodynamik sich ergebenden Sätze, ausreichen, typische Erscheinungen in Entladungsröhren qualitativ und quantitativ zu erklären, zerlegen wir das umfangreiche Erscheinungsgebiet in eine Reihe von Gruppen. Um den Gang der Untersuchung hervortreten zu lassen, geben wir hier zunächst eine gedrängte Uebersicht über die hauptsächlichst in Betracht kommenden Punkte.

A) Wir zeigen zunächst, dass man wirklich ein Entladungsrohr als einen Kondensator betrachten kann und bestimmen zuerst angenähert seine Capacität. Hierbei ergiebt sich bei der bekannten Beziehung zu dem Selbstinduktionskoeffizienten und der Capacität (der Widerstand ist sehr klein) die Dauer der Schwingung mit kleinster Schwingungszahl, deren das Entladungsrohr unter den obwaltenden Verhältnissen fähig ist, die elektrische Grund- oder Eigenschwingung des Rohres. Die Messungen führen auf Schwing-

ungsdauern von der Ordnung von 10^{-8} Sekunden, also wie sie bei den Versuchen von Hertz, Sarasin und De la Rive u. A. verwendet wurden und für die die Schirmwirkung und die anderen in 6) genannten Eigenschaften erwiesen sind. Aus den durch das Experiment festgestellten Wellenlängen dieser Schwingungen ergiebt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Entladungen in gasverdünnten Räumen; wir kommen zu Werten, welche den von J. J. Thomson direkt gefundenen, also der Lichtgeschwindigkeit, sehr nahe liegen.

B) Bedingt der Bau einer Entladungsröhre schon an sich das Auftreten oscillatorischer Entladungen, so muss die Lichtverteilung in dem Rohr sich aus den Eigenschaften dieser elektrischen Schwingungen ableiten lassen. Um dieselbe möglichst rein zu erhalten, erregen wir das Rohr durch elektrische Schwingungen, die der Grundschwingung des Rohres selbst entsprechen und sorgen durch passend gewählte Elektrodenform dafür, dass der Durchgang derselben durch das Rohr nur in einem Sinne erfolgt. Die auftretenden Phänomene lassen sich zum Theil ohne weiteres aus den in § 6 genannten Sätzen über elektrische Oscillationen ableiten.

C) In einem Entladungsrohr, das wir nicht von vornherein mit elektrischen Schwingungen bestimmter Art anregen, die der Grundschwingung entsprechen, sondern das wir sich selbst anregen lassen, wie bei Anwendung von Ketten und zum Theil bei derjenigen von Influenzmaschinen, gestalten sich die Verhältnisse viel komplizierter. Zu der Grundschwingung treten Oberschwingungen hinzu, die zum Teil durch die Capacität der einzelnen Teile des Rohres bestimmt sind. Hiermit hängt die Teilung der positiven Lichtsäule in einzelne Schichten zusammen, deren Abstand je nach der Rohrweite eine verschiedene ist.

Noch weit verwickelter müssen die Erscheinungen werden, wenn wir Induktorien benutzen, in den Stromkreis Funkenstrecken einschalten oder solche in einem Nebenschluss hervorrufen. Wir werden eine Reihe der hier auftretenden Erscheinungen vom Standpunkte unserer Grundanschauung aus näher erörtern.

D) Wir wenden uns hierauf spezieller den Vorgängen an der Kathode zu, welche für den ganzen Entladungsvorgang von grosser, ja in gewissem Sinne bestimmender Bedeutung sind.

Da wo die aus der Anode austretenden, in das verdünnte

Gas eintretenden Oscillationen aus dem Gase wieder austreten, erzeugen sie eine Kathode. Gelangen sie an ein Metall, so verlaufen sie dort nur an der Oberfläche, da sie nur schwer in das Metall eindringen können, eventuell umgehen sie die Kathode so weit sie nur irgend können, um an dem von der Anode möglichst weit entfernten Ende in dieselbe einzudringen.

Wir haben hier das Beobachtungsmaterial unter folgenden Gesichtspunkten behandelt.

α) Die an der Oberfläche der Kathode verlaufenden Oscillationen geben dort Energie ab, die hauptsächlich in den folgenden drei Formen wieder zur Wahrnehmung gelangt a) als mechanische Arbeit, b) als Wärme, c) als Kathodenstrahlen.

β) Die Kathodenstrahlen sind ganz speziell untersucht worden. Nach der früher von dem einen von uns geäusserten Ansicht sind die Kathodenstrahlen kurzwelligen Lichtstrahlen zu vergleichen. Um ein Urteil über die Amplitude derselben zu gewinnen, wird ihre Energie bestimmt; sie ist ca. $1,4 \cdot 10^5$ mal grösser als diejenige des hellsten Sonnenlichtes an der Erdoberfläche; ihre Amplitude ist daher ca. 370 mal grösser als die des letzteren.

Daraus erklärt sich die grosse Helligkeit der Kathodoluminesenz, der Einfluss der Temperatur auf letztere u. a. m.

γ) Sind die Kathodenstrahlen durch auffallende Oscillationen erregt, so ist von vornherein wahrscheinlich, dass nicht alle derselben Schwingungsdauer entsprechen; in der That lassen sich diese verschiedenartigen Schwingungen durch den Einfluss eines Magneten sondern, (Dispersion der Kathodenstrahlen).

δ) Weiter sind zu behandeln die Erscheinungen des Durchganges von Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten.

Wir zeigen, dass Metallschichten, wenn ihre Dicke eine gewisse Grenze nicht überschreitet, durchsichtig für die Kathodenstrahlen sind, entgegen der Maxwell'schen Theorie, die hier fundamentale Lücken zu bieten scheint.

ε) Ferner werden wir genauer die Vorgänge der diffusen Reflexion der Kathodenstrahlen untersuchen; Leiter und Nichtleiter verhalten sich verschieden; nicht nur die elektrische Albedo ist eine verschiedene, sondern auch der Grad, mit der für sie das Lambert'sche Gesetz gilt.

ζ) Wird der Einfluss des Magneten auf die Kathoden-

strahlen in ihrem Verlauf und vor allem auf das Entladungspotential behandelt.

η) Werden die Erscheinungen erörtert, welche eine Folge der schnellen Schwingungen der ankommenden Oscillationen sind. Ist die Kathode bis auf einen kleinen Teil mit einem Dielektrikum, etwa Glas umhüllt, so drängen sich die Oscillationen, die nicht durch das Metall selbst entweichen können, nach der Glasoberfläche: Das Glas verhält sich dann wie eine Kathode.

ϑ) Durch die Rückwirkung der auf die Kathode auftreffenden und der von ihr zurückgeworfenen Oscillationen entsteht vor der Kathode eine Schirmwirkung, „der dunkle Raum", der dem Eindringen von Oscillationen der verschiedensten Art einen grossen Widerstand entgegensetzt, und zwar, sowohl dem Eindringen der Kathodenstrahlen als auch demjenigen der Oscillationen, die von einer in den dunklen Raum gebrachten Anode ausgehen.

E) Weiter sind zu behandeln die Beziehungen des positiven Lichtes, des dunklen Trennungsraumes, der Glimmlichtstrahlen und der Kathodenstrahlen zu einander, sowie die die Entladungen auslösenden Momente wie ultraviolettes Licht, Erhitzen der Elektroden, ferner der Einfluss des Magneten auf die Entladungen u. s. w. Die hierher gehörigen Beobachtungen und Diskussionen können erst in der ausführlichen Mitteilung gebracht werden.

A) Capacitätsbestimmungen von Entladungsröhren.

8. Eine Entladungsröhre ist ein Kondensator. Dass sich eine Entladungsröhre ausser an den Elektroden auch an den Glaswandungen wie eine Leydener Flasche mit freier Elektrizität ladet, zeigen schon sehr einfache Versuche. Bei einigermassen reichlicher Elektrizitätszufuhr oder bei eingeschalteten Funkenstrecken fühlt man beim Annähern der Hand Elektrizität entweichen, bei gesteigerter Ladung kann man aus der Entladungsröhre Funken ziehen.

Recht anschaulich ist folgender Versuch:

Eine weit ausgepumpte Entladungsröhre mit einer Spitze (Anode) und einer Platte (Kathode) wird dadurch geladen, dass sie mit der Plattenelektrode auf den positiven Pol einer kräftigen Influenzmaschine aufgesetzt wird; der negative Pol der letzteren ist zur Erde abgeleitet, der positive von der Erde durch eine Funkenstrecke getrennt, welche gestattet die positiven Spannungen bis

auf etwa 20000 bis 30000 Volt zu bringen. Bei der Ladung wird die Aussenwand der Röhre zur Erde abgeleitet. Entfernt man die Röhre, so erhält man selbst nach längerer Zeit kräftige Flaschenentladungen wenn man die Plattenelektrode berührt. Bei jeder Entladung zeigt die Platte die typischen Kathodenerscheinungen sehr schön; sie liefert kräftige Kathodenstrahlen, deren Verlauf man etwa an einem axial gestellten mit Balmain'scher Leuchtfarbe bestrichenen Glimmerschirm verfolgen kann.

9. Auch die Rückentladungen bei dauernder Verbindung mit dem positiven Pol der Maschine liefern Kathodenstrahlen. Lässt man die Röhre mit dem positiven Pole der Maschine in der vorigen Anordnung verbunden, so erhält man ebenfalls glänzende Kathodenstrahlen. Es treten scheinbar bei Zuführung von + E. zu der Platte an dieser Kathodenstrahlen auf. In Wirklichkeit laden sich die inneren Röhrenwände langsam mit + E. bis in der Funkenstrecke eine Entladung erfolgt; dann strömt die + E. auch aus der Röhre aus und giebt zu den Kathodenerscheinungen an der Platte Veranlassung.

Dass hierbei die Ladung wie bei einer gewöhnlichen Leydener Flasche erfolgt, erkennt man, wenn man eine gewöhnliche Geissler'sche Röhre auf die Aussenwand der Röhre aufsetzt und die andere Elektrode zur Erde ableitet. Man sieht, wie bei der Ladung die + E. von der Aussenwandung fortgetrieben wird, diese sich also mit gebundener — E. ladet.

10. Eine Entladungsröhre von mittleren Dimensionen hat eine Capacität von der Ordnung derjenigen wie sie kleine Leydner Flaschen besitzen. Die Capacität der Entladungsröhren wurde in folgender Weise bestimmt: Die Pole der Influenzmaschine waren mit einem grossen Paraffinkommutator verbunden; ein Pol wurde zur Erde abgeleitet, der andere mit der Röhre verbunden. Von hier ging die Elektrizität durch ein auf Ampère's geaichtes Galvanometer mit gut isolierten Wickelungen zur Erde.

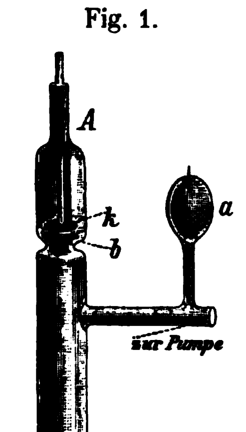
Die Zahl der Entladungen im Entladungsrohr wurde im rotierenden Spiegel durch Vergleich mit den in bestimmten Zeitintervallen erfolgenden Lichtblitzen einer von hinten erleuchteten Phosphoroskopscheibe mit 4 Schlitzen bestimmt. Aus der Zahl der Entladungen z in der Sekunde und der am Galvanometer gemessenen in dieser Zeit durchgegangenen Elektrizitätsmenge e

ergiebt sich die angesammelte Elektrizitätsmenge, die bei jeder einzelnen Entladung überging, zu $\varepsilon = e/z$.

Um die Spannungsdifferenz P zwischen den Elektroden wenigstens angenähert zu erhalten, wurde dem Rohr parallel ein Funkenmikrometer geschaltet, dessen beide Kugeln mit den beiden Elektroden verbunden waren. Die Kugeln wurden bei der Messung von P einander so weit genähert, bis eben Funken zwischen ihnen überspringen.

Aus P und ε ergiebt sich die Capacität des Ansammlungsapparates $C = \varepsilon/P$.

Fig. 1.



Zur Erläuterung möge das folgende Beispiel dienen: Entladungsrohr Fig. 1: 20 cm lang, 2 cm weit. Die Kathode k war eine Aluminiumplatte von 0,8 cm Durchmesser. An das Verbindungsstück der Röhre mit der Pumpe war seitlich ein kurzes Capillarrohr angeschmolzen, dass ich oben bei a erweiterte wie bei gewöhnlichen Geissler'schen Röhren, hier war eine Aluminiumspitze als Anode eingeschmolzen. Das Rohr war unterhalb der Kathode bei b bis auf 0,5 cm verengt. Der Druck war so tief, dass lebhaftes grünes Licht das ganze Haupt-Rohr B erfüllte.

Zahl der Entladungen in der Sekunde z = 500. Galvanometerausschlag: 36 mm. 1 mm entspricht einem Strome von $4{,}3 \times 10^{-6}$ Amp. also einer abgeflossenen Menge von $4{,}3 \times 10^{-6}$ Coulomb in der Sekunde; die gesamte in der Sekunde durch das Entladungsrohr gegangene Elektrizitätsmenge ist $e = 4{,}3 \times 10^{-6} \times 36$ Coulomb $= 4{,}3 \times 10^{-6} \times 36 \times 3 \times 10^{9} = 4{,}6 \times 10^{5}$ El. St. Masseneinheiten, bei einer Entladung gingen über $\varepsilon =$ ca. 10^{3} $cm^{3/2}$ $gr^{1/2}$ sec^{-1}.

Die Funkenstrecke, welche der Spannungsdifferenz im Rohr entsprach, war 0,2 cm lang, d. h. die Spannungsdifferenz war (0,7 cm Kugelradius) nach Paschen (interpoliert) $P = 27{,}8$ $cm^{1/2}$ $gr^{1/2}$ sec^{-1} oder 8340 Volt.

Daraus ergiebt sich eine Capacität $C = \varepsilon/P$ von ca. 36

El. St. Capacitätseinheiten $= 4 \times 10^{-5}$ Mikrofarads $= 4 \times 10^{-20}$ El. Mag. Capacitäts-Einheiten.

Eine andere gleich grosse Entladungsröhre gab für Drucke zwischen 0,0038 und 0,0014 cm Quecksilber (50 bezw. 18 $cm^{-1}\ gr\ sec^{-2}$) $C = 3000\ cm^{3/2}\ gr^{1/2}\ sec^{-1}\ /\ 41\ cm^{1/2}\ gr^{1/2}\ sec^{-1} =$ 73 cm Capacität, also ebenfalls einen Wert wie ihn kleinere Kondensatoren zeigen.

11 Gleicht sich in Entladungsröhren die Elektrizität aus, so muss dieser Ausgleich oscillatorisch erfolgen. Der Ohm'sche Widerstand R in der Entladungsbahn einer evacuierten Röhre ist sehr klein; das folgt z. B. aus der geringen Erwärmung in dieser Bahn (vergl. die Messungen von Hittorf und E. Wiedemann). Der Selbstinduktionskoeffizient L der kurzen Schliessungskreise, in denen sich unsere Röhren befanden, lag, wenn wir die Grenzen möglichst weit fassen, zwischen 10^2 und 10^6 cm (elektromagnetisch). [Kirchhoff legt bei Berechnung der Feddersen'schen Oscillationen einen ähnlichen Wert, nämlich 4×10^6 cm zu Grunde]. Bekanntlich erfolgt in einem Schliessungskreise vom Widerstande R und dem Selbstinduktionskoeffizienten L, in dem ein Kondensator von der Capacität C eingeschaltet ist, der Ausgleich der Elektrizitäten in Oscillationen, wenn $R < 2\sqrt{L/C}$ ist. In unserem Falle ist sicher $R < 2\sqrt{10^2/4 \times 10^{-20}}$, also muss sich die an den Elektroden angehäufte Elektrizität in Oscillationen ausgleichen.

Diese Oscillationen machen sich an allen im Zimmer befindlichen Leitern in hohem Grade bemerklich, selbst wenn sie mit der Entladungsbahn in gar keiner Verbindung stehen.

12. Die Schwingungszahlen der Eigenschwingungen gewöhnlicher Entladungsröhren haben die Ordnung der vielfach zu Versuchen über elektrische Schwingungen benutzten, für die fast vollkommene Schirmwirkung der Metalle experimentell erwiesen ist. Die Schwingungsdauer elektrischer Oscillationen ist nach Kirchhoff und Sir W. Thomson bestimmt durch

$$T = 2\pi \sqrt{LC} \sec \varrho$$

wo $\sin\varrho = R^2C / 4L$. Da R sehr klein ist, können wir $\sec \varrho$ gleich 1 annehmen und erhalten, wenn wir L und C, in cm messen,

$$T = 2\pi A \sqrt{LC}, \qquad A = 1/3 \times 10^{10}\ cm^{-1}\ sec.$$

Wir erhalten für unsere Rohrschwingungen $T = 2 \times 10^{-10} \times \sqrt{10^2 \times 36}$ bis $2 \times 10^{-10} \times \sqrt{10^6 \times 36}$ oder 10^{-8} bis 10^{-6} sec. 10^8 Schwingungen in der Sekunde entsprechen die meisten der in neuerer Zeit bei den Hertz'schen Versuchen verwendeten Oscillationen.

13. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Entladungen durch verdünnte Gase ist von der Ordnung der Lichtgeschwindigkeit. Bei den unter B) beschriebenen Versuchen mit Drahtschwingungen fanden wir für die Grundschwingungen unserer Röhren Wellenlängen von 3 bis 4 Meter. Dies führt bei einer Schwingungsdauer von 10^{-8} sec. auf eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von rund 3×10^{10} cm sec^{-1}. J. J. Thomson fand experimentell $1,6 \times 10^{10}$ cm sec^{-1}.

B) Die Entladungsröhren unter dem Einflusse electrischer Entladungen von bestimmter Periode.

12. Die Lecherschen Versuche gelingen bei Anwendung der Influenzmaschine. Zur Erzeugung electrischer Wellen von der Länge, wie sie den Grundschwingungen unsrer Röhren entsprechen, d. h. von etwa 3—4 m, verwendeten wir den Lecher'schen Apparat. Die Platten hatten die Grösse: 30×30 cm, die Drähte die Dicke von 1 mm und eine Länge von 17 m.

Die Anordnung war so getroffen, dass in einfacher Weise sowohl die Capacität (durch Annähern und Entfernen der immer einander parallel bleibenden Platten) wie die Selbstinduction verändert und dadurch die Schwingung am Ende des Drahtes auf die Grundschwingung der Röhren abgestimmt werden konnte.

Ein wesentlicher Unterschied gegenüber den früher verwendeten Anordnungen bestand darin, dass wir an Stelle des Inductoriums die viel übersichtlicher arbeitende Influenzmaschine zur primären Erregung verwendet haben. Die Versuche gelingen sehr gut mit derselben. [1])

---

1) Die Verwendung der Influenzmaschine dürfte für gewisse Fälle den Vorzug in so fern verdienen, als man bei der Berechnung der Selbstinduction und der Capacität des primären Oscillators und damit seiner Schwingungsdauer nicht auf das theoretische Bedenken stösst, wie man

13. **Die bei den Lecher'schen Versuchen benutzte Röhre muss auf die Schwingungen abgestimmt werden um möglichst empfindlich zu sein.** Hat man bei gegebener Schwingungsdauer des primären Oscillators und bei gegebener Stellung des Bügels auf den Kupferdrähten in dem abgegrenzten Teile derselben eine stehende Schwingung von bestimmter Schwingungsdauer erzeugt, so ist es nicht gleichgültig, welche Röhre man auf die Enden der Drähte auflegt. Um ein gutes und empfindliches Ansprechen zu erhalten, müssen mehrere Bedingungen erfüllt sein, zu deren Feststellung wir verschiedene Röhren mit

---

beim Inductorium die mit den primären Leitern dauernd verbundenen Windungen des Inductoriums mit ihrer ungeheuren Selbstinduction und enormen Capacität in Rechnung setzen soll. H. Poincaré bemüht sich zu zeigen, dass man das Inductorium gerade wegen seiner hohen Selbstinduction und grossen Capacität gegenüber dem Oscillator vernachlässigen kann. Uns scheint es, als ob man nicht ganz so, wie es H. Poincaré thut, hierbei schliessen dürfe. Poincaré's Betrachtungen (Poincaré Electricité et Optique II p. 160 f. 1891) kommen darauf hinaus zu zeigen, dass der Spannungsausgleich durch die ganze Spirale hindurch während der Dauer der Oscillationen der primären Strecke verschwindend klein ist, diese sich zur Inductionsspirale also verhält wie ein kurzes Pendel von geringer Masse mit schnellen Schwingungen zu einem sehr langen Pendel mit grosser Masse, an welches es angehängt ist. Nun ist freilich richtig, dass man das Inductorium, nachdem der Ausgleich in Gestalt eines Funkens stattgefunden hat, für die folgende kurze Dauer der Oscillationen, als Ganzes betrachtet als stromlos ansehen kann, die Erfahrung lehrt aber, dass es gerade die den Enden nächsten Teile der Spirale sind, von denen fortwährend noch Electricität nachfliesst, die bald in so reichlichem Maasse angehäuft ist, dass auf der einmal geschaffenen Entladungsbahn die erste Partialentladung durchbrechen kann. So lange man also nicht weiss, aus welcher Tiefe der Inductionsspirale während der Oscillationen noch Electricität nach der primären Funkenstrecke hinfliesst, wie viele von den Windungen man also eigentlich noch zum Leitersystem der primären Strecke zu rechnen habe, scheint uns eine Berechnung der Capacität des primären Oscillators, welche nur die Plattengrösse, Drahtlänge und Kugelgrösse derselben in Betracht zieht, von theoretischen Bedenken nicht ganz frei zu sein.

Fast ganz frei davon ist man bei Anwendung der Influenzmaschine, die verglichen mit einem Inductorium derselben Leistungsfähigkeit für den vorliegenden Fall eine verschwindende Selbstinduction und eine sehr kleine Capacität hat.

verschiedenen Electrodenformen bei verschiedenen Drucken untersucht haben.

Die Röhre muss auf die Schwingung, die sie anzeigen soll, möglichst genau abgestimmt sein. Daher muss

a) ihre Capacität einen bestimmten Wert haben. Diese hängt ab von ihrer Grösse, ihrem Material und dem Drucke in ihr. Nur schwer gelingt es eine Röhre anzuregen, indem man eine ihrer Oberschwingungen auf sie wirken lässt. Hat man z. B. zwei gleichweite und auch sonst ähnlich beschaffene gleichweit evacuierte Röhren, von denen die zweite doppelt so lang ist, wie die erste, so kann man mit einer Schwingung, die der Grundschwingung der kleinen entspricht nur diese, nicht aber die grosse anregen. Verdoppelt man die Capacität des Oscillators, stimmt die Schwingungen also auf die grössere Röhre ab, so leuchten jetzt beide Röhren, die kleinere, weil gewisse ihrer Oberschwingungen lebhaft erregt werden.

Je niedriger der Druck, um so mehr spricht die Röhre nicht nur auf ihre Eigenschwingungen, sondern auch auf solche an, welche diesen nahe liegen. Dies kann zweierlei Gründe haben: Entweder ist der Empfindlichkeitsbereich des Rohres bei niederen Drucken wirklich ein grösserer oder bei den niederen Drucken geht Electricität durch das Rohr, selbst wenn der Bügel nicht genau an einem Knotenpunkte liegt, sondern ein Teil der Energie sich durch diesen ausgleicht. Ferner kommt in Betracht die variabele Capacität der Röhren. Namentlich bei niederen Drucken laden sich immer grössere Teile der Rohrwände; die dadurch veränderte Capacität stellt sich auf die ankommende Schwingung ein; das Rohr führt eine erzwungene electrische Schwingung aus. Dieses Nachgeben muss bei tieferen Drucken grösser als bei hohen Drucken sein. Kommt es darauf an, die Knoten auf den Drähten möglichst scharf abzugreifen, so darf der Gasdruck in dem anzeigenden Rohre nicht zu tief sein, weil sonst das Ansprechen nicht hinreichend bestimmt ist.

b) Das zur Entladung nötige Potential muss ein möglichst geringes sein. Die Entladungspotentiale wurden angenähert durch parallel geschaltete Funkenstrecken in der oben angegebenen Weise ermittelt. Für Entladungsröhren mit äusseren Elektroden, wie sie u. A. Lecher verwendete, fanden wir selbst bei sehr geringen Wanddicken so hohe Potentiale (100 El. St. E. u. mehr), dass ihre Verwendung nicht empfehlenswert erschien.

Entladungsröhren mit eingeschmolzenen Elektroden und capillarem Verbindungsstück erfordern auch noch verhältnissmässig hohe Potentialdifferenzen. Am besten eigneten sich weite und nicht zu lange Röhren mit Elektroden im Inneren und Quecksilberzuleitung zur Vermeidung von Funkenstrecken, welche den Oscillationsrhythmus verändern würden.

c) Auch die Elektrodenform ist von Wichtigkeit. Spitzenelektroden bieten als Kathoden, namentlich wenn sie zum grössten Teile ihrer Länge eingeschmolzen sind, grosse Uebergangswiderstände. Auch dann, wenn sie als lange Drähte frei in das Rohr ragen, wird nur wenig gewonnen, da bei den hier in Betracht kommenden schnellen elektrischen Schwingungen auch das Metall zu grosse Widerstände entgegenstellt (vergl. S. 3). Am geeignetsten erwiesen sich Elektroden von Plattenform, welche auf den axialen Zuleitungen senkrecht stehen.

14. Durch Verwendung von Spitze und Platte als Elektroden lässt sich ein Ventil für elektrische Schwingungen konstruieren. Verwendet man zwei Platten, so sind die Ladungs- und Entladungserscheinungen auf beiden Seiten abwechselnd gleich. Bei dem raschen Verlaufe des Zeichenwechsels lagern sich die Entladungsbilder über einander, das Auge bemerkt die gleichen Erscheinungen an beiden Elektroden.

Um die Erscheinungen an der Anode und Kathode zu trennen, worauf es uns besonders ankam, verwendeten wir eine kleine Spitze und eine Platte; die Entladungsröhre wirkt dann zugleich als elektrisches Ventil, die Schwingungen gehen nur im Sinne Spitze (Anode)- Platte (Kathode) hindurch.

15. Ein empfindliches Ventilrohr zeigt, wenn Schwingungen gleich seiner Grundschwingung hindurchgehen das Grundphänomen der Gasentladungen. Sorgt man in der soeben angegebenen Weise dafür, dass elektrische Schwingungen, auf welche das Entladungsrohr gut anspricht, nur in einem Sinne hindurch gehen, so beobachtet man Folgendes: Ein rosafarbenes Lichtbündel setzt sich an der Spitze der Anode an, durchzieht ziemlich geschlossen und eng begrenzt axial etwa bis auf $^1/_3$ des Elektrodenabstandes das Rohr, geht dann aber in einen Lichtmantel auseinander, der sich immer mehr trichterförmig erweitert und in einigen Millimetern Entfernung die Rohrwand etwa wieder auf $^1/_3$ des Elektrodenabstandes bekleidet. Dann

zieht sich der Mantel zusammen und strebt sich verengernd der Kathode zu, aber nur dem Rande derselben. Hier mündet die geometrische Figur der Mantelfläche in der Richtung der Plattenebene in diese ein. Ehe dies jedoch geschieht, vermindert sich die Helligkeit des rosafarbenen Lichtes, aus dem Plattenrande kommen ihm die in die Mantelfläche fallenden blauen Glimmlichtstrahlen entgegen, die von ihm durch den dunklen Trennungsraum geschieden sind. Wir sehen also:

1) Der Ausgleich der Elektrizitäten findet in der Glimmlichtschicht statt.

2) Die elektrischen Oscillationen drängen sich gegen den Rand der Platte zusammen; in der That ordnen sich Oscillationen auf einem Leiter gerade so an, wie es die freie Elektrizität thun würde: Satz III.

3) Die Mitte der Platte ist dunkel.

Dieselben Erscheinungen beobachten wir auch sonst häufig in gewöhnlichen Entladungsröhren, aber viel unregelmässiger, die positive Lichtsäule geht bald an die, bald an jene Stelle der Kathode u. s. w.

Elektrische Oscillationen rufen also in einem Entladungsrohr die typischen Lichtverteilungen hervor, wie wir sie gewöhnlich zu beobachten pflegen.

16. Bei Ableitung des Rohres treten Verschiebungen der Entladung ein. Leiten wir irgendwo die Röhrenwand ab, so bieten wir den elektrischen Schwingungen einen anderen Weg zum Austritt aus dem Rohrinneren, wir schaffen eine secundäre Kathode. Wir bemerken:

1) An der abgeleiteten Stelle setzt sich ein Bündel blauer Glimmlichtstrahlen an, welches sich dem Rande der Kathodenplatte zuwendet.

2) Auf der Platte sammeln sich die blauen Glimmlichtstrahlen zum grossen Theile an der der abgeleiteten Stelle gegenüberliegenden Randstelle und streben den sekundären Glimmlichtstrahlen an der Rohrwand zu. In der That zeigt die Theorie der elektrischen Oscillationen, dass, wenn man in die Nähe eines mit Schwingungen bedeckten Leiters einen anderen Leiter bringt, sich die Schwingungen gerade so verschieben, wie es die freie Elektrizität in Folge der Influenzwirkung thun würde: Satz IV.

3) Zwischen beiden Bündeln stellt sich, getrennt von beiden

durch je einen dunklen Raum, ein Faden des rosafarbenen positiven Lichtes ein.

Die Beobachtungen zeigen also genau das, was eintreten muss, wenn wir als die Ursache der Lichterscheinungen in Entladungsröhren rasche elektrische Schwingungen betrachten.

17. Evacuiert man das Rohr weiter, so wird, wenn keine Ableitung vorhanden ist, der Ring des Glimmlichtes immer breiter und breiter, zunächst bleibt aber in der Mitte noch ein dunkler Fleck übrig, der bei noch tieferen Drucken zuletzt auch verschwindet.

C) Einfluss eingeschalteter Funkenstrecken.

18. Lassen wir nicht, wie bei den soeben beschriebenen Versuchen schon praeformierte Schwingungen auf eine Entladungsröhre wirken, sondern regen wir sie durch grosse Ketten, Influenzmaschinen oder Induktorien an, so gestalten sich die Verhältnisse komplizierter. Vor allem zeigt sich auch hier, wie bei dem unregelmässigen Anblasen einer Pfeife, dass die Grundschwingung verhältnissmässig schwierig erhalten wird, dass es wesentlich Oberschwingungen sind, die sich ausbilden, wobei jeder Teil auf die Schwingungen anspricht, deren Periode ihm vermöge seiner Capacität eigentümlich ist. In diesen einzelnen Teilen bilden sich durch diese spezifische Resonanz stehende elektrische Schwingungen aus und wir werden in der ausführlichen Abhandlung näher ausführen, wie hierauf die Ausbildung der Schichten beruht, die in engen Teilen des Rohres (kleine Capacität) enger bei einander stehen, als in den weiten Teilen (grosse Capacität).

An dieser Stelle wollen wir uns damit begnügen an einigen Beispielen zu erläutern, wie es wesentlich der Entladungsrhythmus, die Oscillationsdauer der einzelnen Entladungen, ist, welcher die Eigenschaften der Gasentladungen bestimmt.

19. Einschalten von Funkenstrecken macht Entladungen empfindlich gegen angenäherte Leiter. Bei Ableitung einer Stelle sind weiter nach der Kathode hin gelegene Stellen weniger empfindlich, als ohne die erste Ableitung.

Wir erzeugen in einem 500 cm langen und 0,6 cm weiten Rohr durch Einschalten von Funkenstrecken sogenannte empfindliche Entladungen; sie entsprechen Oscillationen von grosser

Schwingungsdauer T, und werden von angenäherten Leitern etc. in höherem Grade beeinflusst als solche mit kleiner Schwingungsdauer. Ausser diesen Schwingungen sind aber stets noch lokale Eigenschwingungen des Rohres vorhanden. Nähern wir nun einem Punkte des Rohres einen Leiter, so werden die Oscillationen mit grosser Schwingungsdauer T zu diesem abgelenkt, sie drängen sich an die Wand; es entsteht hier eine sekundäre Kathode, der sich dadurch bildende dunkle Raum bietet den Oscillationen mit kleineren T einen grossen Widerstand (Impedienz), die positive Lichtsäule wird abgelenkt und zwar von der Berührungsstelle fort. Berühren wir noch eine zweite weiter von der Anode, der Austrittsstelle der Oscillationen gelegene Stelle, so ist hier die Entladung fast unempfindlich, und muss es sein, da die Energie der Oscillationen mit grossem T bereits an der ersten Stelle zum grössten Teil abgegeben worden ist.

Sind die Schichten eine Folge stehender Wellen von weit grösserer Schwingungszahl als der Grundschwingungen, so müssen sie demnach von der abgeleiteten Stelle aus nach der Anode hin besonders scharf auftreten, was man auch in der That beobachtet (vgl. die vollständige Arbeit).

20. Dass bei bestimmten Längen der eingeschalteten Funkenstrecken die Empfindlichkeit besonders gross ist, erklärt sich daraus, dass dann gerade die Eigenschwingungen des Rohres besonders stark angesprochen werden, die wie die Grundschwingungen am unstabilsten sind.

21. Die Entladung in einem weiten Rohr entspricht bei langsamer Elektrizitätszufuhr Schwingungen mit kleinerer Schwingungszahl als bei starker Elektricitätszufuhr. Dies ist ein Analogon zu dem Verhalten beim Anblasen von Pfeifen; dabei ändert sich auch das Potential.

Einem 3,6 cm weiten, 38 cm langen, ziemlich weit evacuierten Entladungsrohr mit ebenen Platten als Elektroden, wurde durch die Töplersche Influenzmaschine zunächst langsam Elektrizität zugeführt. Das positive Licht erstreckte sich fast durch das ganze Rohr bis beinahe an die Kathode, die von einem blauen Schein bedeckt war. Sobald die Rotationsgeschwindigkeit der Maschine vergrössert wurde, bildeten sich die Teile um die Kathode normal aus, die positive Lichtsäule zog sich zusammen,

wurde hell und zeigte dabei deutliche Schichten. Sowie also die Elektricitätszufuhr eine reichlichere ist, bilden sich Schwingungen mit kleinerer Schwingungsdauer aus.

22. Parallel zu dem obigen Entladungsrohr wurde ein Funkenmikrometer geschaltet. Dabei ergab sich bei höheren Drucken bei langsamerem Umdrehen das Entladungspotential grösser als bei schnellem Umdrehen, bei niederen Drucken tritt das umgekehrte ein.

23. Einschalten von Funkenstrecken ändert die Potentialdifferenz an den Elektroden, sowie das Potentialgefälle zwischen zwei Stellen im Rohr.

Wir führen nur für das letztere ein Beispiel an.

In ein aus weiten und engen Teilen zusammengesetztes Entladungsrohr wurden zwei Sonden eingesenkt, die mit den Kugeln eines Funkenmikrometer verbunden waren. Standen letztere so nahe, dass zwischen ihnen keine Entladung eintrat, wenn im Hauptschliessungskreis keine Funkenstrecke eingeschaltet war, so gingen Funken zwischen ihnen über, sobald in den Hauptkreis Funken eingeschaltet wurden. Die Verwendung von Sonden zur Untersuchung des Potentialgefälles ist also in diesem Fall nicht ohne weiteres gestattet. Ob bei der hier eintretenden Erhöhung des Potentialgefälles allein das Auftreten bestimmter Oscillationen von Einfluss ist, oder auch die schnellere Zufuhr der Elektrizität bei Einschalten der Funkenstrecke, ist noch genauer zu untersuchen, dass letzterer nicht allein maassgebend ist, zeigen die unter 22 beschriebenen Versuche.

24. Bei den zuletzt erwähnten Röhren zeigt sich eine Abhängigkeit des Entladungspotentiales von der Capacität z. Bsp. bei einer äusseren Ableitung des Rohres oder auch nur einer Annäherung von Leitern an dasselbe.

Man kann daher von einem Potential, das zur Entladung nötig ist, in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes nicht sprechen. Das Eintreten der Entladung hängt vielmehr in vieler Hinsicht von den vorhandenen Oscillationen ab, es lässt sich mit dem Ansprechen einer Pfeife vergleichen.

25. Mit dem Inductorium werden trotz des complicierten Entladungsmechanismus Schichtenbildungen erhalten und zwar wegen seiner grossen Selbstinduc-

tion und Capacität. Dass man trotz des so sehr complicierten Baues des Inductoriums, der auftretenden Pratialentladungen etc. auch mit diesem deutliche Schichtenbildung in den Entladungsröhren erhält, liegt daran, dass die Selbstinduktion so gross ist, dass für Oscillationen in den Entladungsrohr fast nur die Verhältnisse in diesem massgebend sind. Aber auch nur fast allein; denn wir sehen, dass im Verlauf einer Entladung bei den verschiedenen Partialentladungen die Lage der Schichten sich verschiebt. Oft erhält man auch keine Schichten, dann lagert sich eine grosse Anzahl von verschiedenen Oscillationen übereinander, wie bei einer unregelmässig angesprochenen Kundt'schen Röhre.

26. Die Entladungen von galvanischen Säulen durch gasverdünnte Räume, sind als Ströme mit darüber gelagerten Oscillationen aufzufassen. Letztere müssen eintreten, da die Röhre wie ein Kondensator wirkt. Da bei den Säulen die Selbstinduktion klein ist, so müssen die Verhältnisse in diesen selbst und etwa eingeschaltete Widerstände bei den Berechnungen der Schwingungsdauer berücksichtigt werden. Einschalten von Widerständen ändert ja z. Bsp. die Zahl der im Rohr auftretenden Schichten.

An Stelle der beiden Ansichten, nach denen die Entladungen grosser Ketten durch gasverdünnte Räume discontinuirlich resp. continuirlich erfolgen, würde die unsrige als eine vermittelnde treten.

D. Vorgänge an der Kathode.

α) Umsetzung der Energie der eintretenden Oscillationen an der Kathode.

Wir haben oben erwähnt, dass an der Kathode sich für die austretenden Oscillationen grosse Hindernisse, „eine Impedienz", entwickeln. Diese Hindernisse bedingen einen grossen Energieverlust, welcher a) teils als mechanische Arbeit, b) teils als Wärme, c) teils als Energie der Kathodenstrahlen sich bemerkbar macht.

27. a) Die mechanische Arbeit, die an der Kathode geleistet wird, macht sich zum Teil in dem Zerstäuben der Kathode geltend. Die losgerissenen Elektrodenteile müssen nach allen Seiten sich von der Kathode entfernen und beschlagen die Wand ringsherum (vgl. z. Bsp. E. Wiedemann, Wied. Ann. 20. 749). Das

Zerstäuben hängt also nicht mit den Kathodenstrahlen zusammen; es tritt schon bei Drucken und Entladungen ein, bei denen die Energie der Kathodenstrahlen noch viel zu klein ist, als dass sie den dunklen Raum zu durchsetzen vermöchten.

b) In Bezug auf die Erwärmungserscheinungen an der Kathode selbst machen wir hier nur auf folgendes aufmerksam.

28. Das Glühen der Kathode hängt von dem Druck und dem Rhythmus der Entladungen ab.

Ein dünner Platindraht als Kathode glüht a) bei höheren Drucken nicht, b) bei ziemlich niedrigen Drucken sehr schön, c) bei noch niedrigeren nicht mehr. Die Erwärmung der Kathode nimmt also mit abnehmendem Drucke erst zu, dann ab, die Ausbildung der Kathodenstrahlen nimmt stetig zu.

Die oscillatorischen Entladungen, welche die Kathode umspielen, geben an dieselbe einen Teil ihrer Energie ab. Bei den Drucken unter a) liegen die Verhältnisse noch nicht so, dass überhaupt sehr grosse Energiemengen von den Oscillationen abgegeben werden, bei den Drucken unter b) wird die von den Oscillationen abgegebene Energie nur oder doch überwiegend zur Erwärmung der Kathode verwendet, bei den Drucken unter c) wird ein Teil der Energie zur Erzeugung von Kathodenstrahlen, ein Teil zur Erwärmung verwendet, letztere muss daher kleiner sein als im Falle b).

29. Schaltet man in die Leitung, welche die obige Kathode enthält, wachsende Funkenstrecken ein, so glüht diese zuerst nicht, dann aber bei einer bestimmten Grösse der eingeschalteten Funkenstrecke setzt das Glühen ein, bei einer noch grösseren Funkenstrecke verschwindet es wieder.

Schaltet man keine Funkenstrecke ein, so gehen alle Oscillationen an dem Drahte entlang und treten durch ihn hindurch; schaltet man Funken ein, so suchen sie durch das ihn umhüllende Glas einzudringen, bewegen sich eventuell auch nach den Wänden und dann erst nach dem Draht, ihre Energie wird dann zum Teil nicht am Draht, sondern an andern Stellen des Rohrs verbraucht (vergl. w. u. 52 p. 37).

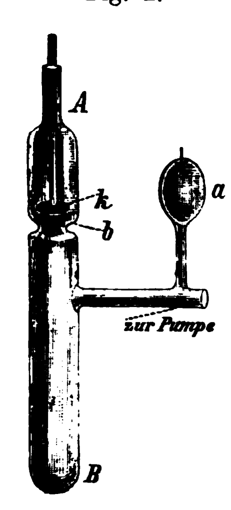
β) Erscheinungen an den Kathodenstrahlen. c) Energie der Kathodenstrahlen.

30. Zum Verständnis der eigenthümlichen Vorgänge in den

Kathodenstrahlen ist unbedingt notwendig, zunächst ein Urteil zu erhalten über die Grössenordnung ihrer Energie, und falls wir sie als lichtstrahlenartige Gebilde auffassen, über diejenige ihrer Amplituden, wofür man bisher noch keinen bestimmten Anhalt hatte.

31. Bestimmung der Energie der Kathodenstrahlen. Der untere Teil B des Entladungsrohres (Fig. 2) wurde in ein mit Terpentinöl gefülltes Calorimeter zugleich mit einem Thermometer gesetzt; das Calorimeter war durch einen doppelten blanken Metallmantel vor Strahlung geschützt. Dabei blieb das Rohr dauernd mit der Pumpe in Verbindung; der Druck wurde aus der Zahl der vorgenommenen Evacuationen und dem Verhältnisse bestimmt, in welchem sich bei höherem Drucke bei je einer Evacuation der Druck im Manometer erniedrigte (Aichen der Pumpe); Wasserwert des Calorimeters, des Thermometers und des eintauchenden Teiles der Glasröhre sowie derjenige des Terpentins wurden in bekannter Weise ermittelt. Im Uebrigen war die Anordnung wie bei der Bestimmung der Capacität (vergl. p. 6); die negative Electricität wurde der Platte k zugeleitet, die Anode a war mit der Erde verbunden.


Fig. 2.



a) Bei einem Drucke zwischen 0,0038 und 0,0014 cm Quecksilber (d. i. bei einem specifischen Druck von 50 bezw. 18 Dyne auf den qcm) leuchtete der ganze untere in das Terpentinöl eintauchende Teil des Rohres sehr intensiv grün. Die im Calorimeter beobachtete Wärmezufuhr, bei deren Berechnung die gesammte auf Grund des Temperaturverlaufes in der Vor- und Nachperiode in bekannter Weise abgeleitete Correction der Endtemperatur berücksichtigt wurde, betrug 3 gr cal in der Minute, der thermische Effect der Kathodenwirkung war also 5×10^{-2} sec gr cal, der mechanische demnach 2×10^{6} Secundenergs.

b) Im rotirenden Spiegel waren die Entladungsbilder (343 in der Sec.) völlig scharf. Wir können daher annehmen, dass die Dauer einer Entladung noch nicht $^{1}/_{1000}$ von der Zeit zwischen zwei

Entladungen betrug. Jedenfalls war sie noch viel geringer, so dass $^{1}/_{1000}$ als oberer Grenzwert anzusehen ist.

c) Wollen wir die Energie der Kathodenstrahlen vergleichen mit derjenigen von Lichtstrahlen, die von einem kontinuierlich leuchtenden Körper ausgehen, so müssen wir beachten, dass erstere höchstens während $^{1}/_{1000}$ der Gesammtzeit ausgesandt werden. Würden daher die Kathodenstrahlen mit derselben Intensität wie bei unserem Versuch kontinuierlich ausgesandt werden, so wäre die von ihnen erzeugte Erwärmung mindestens 1000 mal grösser als wir sie beobachtet haben, also gleich 3000 gr cal in der Minute.

d) Weiter müssen wir bei einer solchen Vergleichung der Energie zweier Strahlenbündel solche von gleichem Querschnitt etwa von 1 qcm, betrachten. Das Kathodenstrahlenbündel hatte an der Kathode einen Durchmesser von etwa einem Millimeter. Rechnen wir den Querschnitt zu rund 1 qmm, so würden durch 1 qcm, der von Kathodenstrahlen senkrecht durchsetzt wird, $3 \times 10^3 \times 10^2 = 3 \times 10^5$ gr cal in jeder Minute hindurchgehen, der thermische Effect der Kathodenstrahlung ist also 5×10^3 sec gr cal pro cm^2.

32. Vergleich mit der gesammten Entladungsleistung.

Wir wollen nun untersuchen, ein wie grosser Teil der gesammten beim Durchgang der Entladung verbrauchten Energie in der Energie der Kathodenstrahlen vorhanden ist.

Die Spannungsdifferenz an den Enden der Röhre war zu 41 $cm^{1/2}$ $gr^{1/2}$ sec^{-1} = 12300 Volt, die gesamte in einer Sekunde abfliessende Elektrizitätsmenge zu $3{,}4 \times 10^{-4}$ Coulombs gefunden worden. Die Stromarbeit ist also in dieser Zeit $1{,}2 \times 10^4 \times 3{,}4 \times 10^{-4}$ d. i. ca. 4 Joule oder 0,98 gr cal. Der gesamte Stromeffekt ist also rund 1 sec gr cal, oder 20 mal so gross als der Effekt der Kathodenstrahlen allein, vergl. 31, a). Dies ist in vollkommener Uebereinstimmung mit den Werten, welche man bei gesonderten Bestimmungen der thermischen Leistung in den einzelnen Teilen der Entladungsröhre erhält.

33. Vergleichung der Energie der Kathodenstrahlen mit der Energie des Sonnenlichtes.

Um ein Urteil über die Grösse der Energie in den Kathodenstrahlen zu erhalten, vergleichen wir dieselbe mit der Energie des Sonnenlichtes. Die Sonnenstrahlung liefert ausserhalb der Erd-

atmosphäre nach den neuesten Bestimmungen rund 3 gr cal auf den qcm in einer Minute bei senkrechter Incidenz. Der thermische Effekt der Sonnenstrahlung ist also ausserhalb der Erdatmosphäre $3/60 = 0{,}05$ sec gr cal. Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre gehen davon in unseren Breiten im Mittel etwa 30 Prozent verloren, so dass der thermische Effekt auf einem senkrecht zur Sonnenstrahlung stehenden Flächenelement an der Erdoberfläche ist: $0{,}05 \times 0{,}7 = 0{,}035$ sec gr cal pro cm^2. Der mechanische Effekt der Sonnenstrahlung ist an der Erdoberfläche für ein Quadratcentimeter gleich $1{,}5 \times 10^6$ Ergs pro Sekunde.

Der Effekt der Kathodenstrahlen ist also [vergl. 31,d] $(5 \times 10^3)/(3{,}5 \times 10^{-2}) = 1{,}4 \times 10^5$ mal grösser als der des hellsten Sonnenlichtes. Demnach ist auch die Energie eines von Kathodenstrahlen erfüllten Raumes über hunderttausendmal so gross, als die des gleichen von Sonnenstrahlen erfüllten Raumes.

Hieraus erklärt sich auch ohne weiteres, dass wir durch Bestrahlen mit Kathodenstrahlen selbst Platin in kurzer Zeit bis zum Weissglühen erhitzen können.

Da sich die Amplituden harmonisch periodischer Schwingungen verhalten wie die Wurzeln aus der Energie gleicher von ihnen erfüllter Räume, so ist die Amplitude der Kathodenstrahlen a_k etwa 370 mal so gross wie die a_s des Sonnenlichtes.

Die Amplitude a_s ist aber nach L. Graetz, wenn wir nur die Grössenordnung berücksichtigen

$$a_s \geqq 6 \,.\, 10^{-10} \text{ cm},$$

daraus folgt

$$a_k \geqq 10^{-7} \text{ cm}$$

als untere Gesetze für die Amplitude der Kathodenstrahlen.

34. In festen und flüssigen Körpern ist der Abstand der Moleküle und ihre Grösse kleiner als 10^{-8} cm. Die Amplitude 10^{-7} cm der Schwingungen der Kathodenstrahlen ist also grösser als die Dimensionen der Moleküle, während diejenige der Sonnenstrahlen weit kleiner ist. Erstere müssen daher in festen und flüssigen nicht leitenden Körpern wesentlich anderen Absorptionsgesetzen gehorchen als letztere. Nach Graetz wird die Durchsichtigkeit für Strahlen von grösseren Amplituden als denen des Sonnenlichts wesentlich kleiner als für diese.

In der That werden von Dielektricis die Kathodenstrahlen ausnehmend stark absorbiert, so dass sie schon von den dünnsten Schichten vollkommen absorbiert werden.

In Bezug auf das Verhalten der Metalle vgl. w. unter 44.

35. Druck auf die Vorderfläche. Aus der Solarkonstante und der Lichtgeschwindigkeit 3×10^{10} cm sec^{-1} ergibt sich die in einem von hellem Sonnenlicht erfüllten cbcm an der Erdoberfläche enthaltene Energie zu

$$\frac{1{,}5 \times 10^{6}}{3 \times 10^{10}} \; \frac{\text{cm}^2 \text{ gr sec}^{-2}}{\text{sec cm}^2 \text{ cm sec}^{-1}} = 5 \times 10^{-5} \; \frac{\text{cm}^2 \text{ gr sec}^{-2}}{\text{cm}^3}$$

Diese entspricht nach der Maxwell'schen Theorie dem Druck p, welcher in der Fortpflanzungsrichtung der Welle ausgeübt wird; also:

$$p = 5 \times 10^{-5} \; \frac{\text{cm gr sec}^{-2}}{\text{cm}^2} = 5 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1} \text{ gr sec}^{-2}$$

Die Kathodenstrahlenenergie ist pro cbcm $1{,}4 \times 10^{5}$ mal grösser, also auch der Druck an der Vorderfläche; er ist demnach in dem von uns benutzten Rohre gleich 7 cm^{-1} gr sec^{-2}, oder 7 Dyne pro qcm; er ist also von der Ordnung des Gasdruckes in unserem Rohre, der bei den Beobachtungen zwischen 18 und 50 Dyne pro cm^2 lag.

Wohlausgebildete Kathodenstrahlen entwickeln sich in einem Rohre, welches evakuiert wird, erst dann, wenn der Druck an der Vorderfront von derselben Grössenordnung geworden ist, wie der auf der Kathode lastende Gasdruck. Kathodenstrahlen, die eine Energie besitzen, welche unterhalb einer bestimmten vom Druck abhängigen Grenze liegen, können demnach überhaupt nicht aus der Kathode austreten, selbst wenn sie in dieser durch auftreffende Oscillationen erregt werden.

36. Schalten wir Funkenstrecken in die Entladungsbahn ein, so steigern wir dadurch die Energie der einzelnen Oscillationen und damit diejenige der Kathodenstrahlen; wir können auf diese Weise bei höheren Drucken Kathodenstrahlen erzeugen, als es ohne Einschaltung von Funkenstrecken möglich wäre.

Hiermit hängt auch der Einfluss der Grösse der Kathode auf die Ausbildung der Kathodenstrahlen zusammen, bei kleinen Elektroden treten sie bei höheren Drucken auf als bei grossen Elektroden.

Um ein Urteil über die Energie und damit die Amplitude der Kathodenstrahlen zu gewinnen, können wir statt der Wärmewirkungen der Kathodenstrahlen und der Sonne auch die Helligkeiten des von beiden hervorgerufenen Phosphorescenzlichtes vergleichen.

37. Der Leuchtenergieinhalt des kathodoluminescierenden Glases ist im Verhältnis zu demjenigen des photoluminescierenden Glases ausnehmend gross. Wir können annehmen, dass die Abklingungskonstante des Leuchtens des unter dem Einfluss der Kathodenstrahlen und des Sonnenlichtes luminescierenden Glases die gleiche ist, da sie nur von der Art des Mechanismus abhängt, der die Glasmoleküle mit ihren Aetherhüllen verbindet. Daher verhalten sich die Leuchtenergieinhalte beider wie die Helligkeiten gleicher Massen.

Direkt kann man die Helligkeit der Photo- und Kathodoluminescenz eines Körpers nicht vergleichen; bei der ersteren leuchten dicke Schichten der Substanz, bei der letzeren nur sehr dünne.

Eine obere Grenze für die Dicke der kathodoluminescierenden Schicht erhalten wir folgendermassen: Glashäutchen, welche die Farben dünner Blättchen zeigen (also etwa von 0,002 mm Dicke) zeigen die Kathodoluminescenz ebenso hell wie dicke Platten, die leuchtende Schicht ist also noch wesentlich dünner als 0,002 mm.

Glasstücke von 0,6 mm Dicke leuchten den Sonnenstrahlen ausgesetzt durch ihre ganze Masse, denn eine noch dickere Schicht leuchtet noch stärker. Ihre Photoluminescenz im Phosphoroskop untersucht ist aber schwächer als die Kathodoluminescenz der dünnen Schicht, wir wollen indess annehmen, sie seien eben so gross, wir erhalten dann eine untere Grenze für das Verhältnis der Energie der Kathodenstrahlen zu der der Sonnenstrahlen.

Unter den Versuchsbedingungen verhalten sich also die Kathodoluminescenz und die Photoluminescenz gleicher Massen etwa wie

$$\frac{0,6}{0,002} : 1 = 300.$$

Weder im Phosphoroskop noch von den Kathodenstrahlen wird der Körper dauernd bestrahlt, in ersterem in Folge seiner Konstruktion nur $^1/_4$ der gesamten Zeit, im letzteren höchstens während $^1/_{1000}$ der Versuchsdauer, vgl. oben unter 31 b. Fände die Beleuchtung bei beiden gleichmässig statt, so würde die Kathodoluminescenz im Verhältnis von $^1/_4 : {}^1/_{1000} = 250$ mal heller sein.

Für gleiche Massen und gleiche Erregungszeiten ist also die Helligkeit der Katholuminescenz und damit der Leuchtenergieinhalt des kathodolumineszierenden Körpers mindestens $250 \cdot 300 = 75000$ mal grösser als derjenige der photolumineszierenden.

Wir kommen also auf diesem indirekten, gänzlich von dem in 33 eingeschlagenen direkten verschiedenen Wege zu einem unteren Grenzwerte, der mit dem dort gefundenen viel sicheren wirklichen Werte verträglich ist.

38. Die Amplituden des Lichtes des kathodolumineszierenden Körper sind $\sqrt{20000} = 2{,}7 \, . \, 10^2$ mal grösser als diejenigen des photolumineszierenden. Setzen wir voraus, dass die Amplituden des Lumineszenslichtes proportional denen des erregenden sind, so ist auch die Amplitude a_k der Kathodenstrahlen, da wo sie auf die Glaswand auftreffen, $2{,}7 \, . \, 10^2$ mal grösser als die der Sonnenstrahlen a_s.

Wir haben die Kathodenstrahlen also aufzufassen als Strahlen von sehr grosser Amplitude. Stellen wir uns auf den Boden der elektromagnetischen Lichttheorie, so würden wir sie als gebildet aus Verschiebungsströmen von grosser Exkursion ansehen dürfen. Dort wo sie auf ein anderes Dielektrikum z. B. die Rohrwand treffen, rufen sie ebenfalls Verschiebungsströme hervor, welche u. A. Ursache intensiver Fluorescenzerscheinungen werden können. Hierbei müssen die Molekularbewegungen der getroffenen Körper mitbestimmend eintreten. Um diesen Verhältnissen näher zu treten, haben wir eine Reihe von Versuchen angestellt, von denen wir hier die folgenden anführen, ohne schon jetzt auf den Mechanismus der Vorgänge selbst näher einzugehen.

39. Die Fluorescenz erregende Wirkung der Kathodenstrahlen ist abhängig von der Temperatur des getroffenen Körpers (wie bei der Photoluminescenz).

In ein vertikales (dem Fig. 1 gezeichneten ähnliches) cylindrisches ca. 2 cm weites Rohr ist oben eine ebene Kathode k senkrecht zur Rohraxe eingeschmolzen; etwa 4 cm unterhalb derselben ist senkrecht zur Axe des Rohrs ein Rohr angeschmolzen, das zu der Pumpe führt; in einem seitlich an dieses angeschmolzenen Rohre befindet sich die Anode. Etwa

---

[1]) Wir vernachlässigen, dass die Photoluminezenz nur durch einen Teil des Spektrums hervorgerufen wird.

4 cm unterhalb der Kathode ist an das erstere Rohr ein etwas längeres Reagierrohr von 7 cm Länge angeschmolzen. Letzteres wird in einem Luftbade erhitzt. Die von der Platte k ausgehenden Kathodenstrahlen bringen es bei gewöhnlicher Temperatur zum lebhaftesten grünen Leuchten. Steigt die Temperatur bis zu 230° Cels., so nimmt die Helligkeit der Luminescenz bedeutend ab, um sogleich beim Oeffnen des Luftbades und Anblasen, wodurch eine geringe Abkühlung hervorgerufen wird, wieder hervorzutreten. Bei ca. 270° Cels. ist die Kathodoluminescenz fast Null. Sie tritt aber bei der Abkühlung wieder stark hervor.

Zu beachten ist, dass von 200° Cels. an die Leitfähigkeit und die Plasticität des Glases grössere Werte annimmt.

Bei den Temperaturen über 230° Cels. leuchtet das Glas noch bläulich, gerade wie es bei dem harten Glase der Fall ist. Das gewöhnliche Glas besteht aus einer Mischung von verschiedenen Silikaten. Das Natronsilikat wird viel eher plastisch und leitend als das Kalisilikat. Bei niederen Temperaturen ist die grüne Luminescenz des Natronsilikates so stark, dass die bläuliche des Kalisilikates gar nicht zur Wahrnehmung gelangt.

40. Anschliessend an die Kathodoluminescenz wurde noch die Photoluminescenz untersucht.

Ein Reagierglas wurde in einem Luftbade mit zwei Glimmerfenstern erhitzt. Das Luftbad stand zwischen zwei rotierenden Scheiben mit je 4 Ausschnitten von 22,5 Grad Centriwinkel, die gegen einander gedreht wurden, also ein Phosphoroskop darstellten. Die Phosphorescenz verschwand bei ca. 180° Cels., also nahe bei der Temperatur, wo die Leitfähigkeit und damit die Plasticität sich merklich macht. Die Relaxationszeit ist im weichen Körper sehr viel kleiner als im festen, woraus sich dieses Verhalten erklärt.

41. Kathodenstrahlen rufen im Glas, auf welches sie treffen, vorübergehende molekulare Umsetzungen hervor.

Setzt man Glas schwachen Kathodenstrahlen aus, bei denen es aber auch schon sehr schön leuchtet, und öffnet man den Strom, so verschwindet das grüne Licht fast momentan. Lässt man stärkere Kathodenstrahlen bei grösserer Evakuation auftreffen, so ist das Leuchten nicht viel heller, hält aber minutenlang an. Diese Erscheinung spricht dafür, dass das Leuchten des Glases in einer

Chemiluminescenz besteht. Da die Helligkeit des nach dem Aufhören des Stromes übrigbleibenden Luminescenzlichtes in beiden Fällen fast gleich gross ist, so scheint es, als ob das Abklingen der Helligkeit, wie bei der Balmain'schen Leuchtfarbe, von allen vorhergegangenen Zuständen abhängt; dies kann aber nur bei der Chemieluminescenz und nicht bei der Photoluminescenz im engeren Sinne des Wortes der Fall sein. (Vergl. E. Wiedemann, Eder's Jahrb. 5. p. 587. 1891).

42. Die durch die Kathodenstrahlen hervorgerufene Phosphorescenz der Kreide hängt von der Temperatur derselben ab.

Kreide leuchtet unter dem Einfluss der Kathodenstrahlen bei gewöhnlicher Temperatur sehr schön rot und leuchtet sehr stark nach. Erwärmt man sie, so nimmt das Licht einen wesentlich gelberen Ton an, und wird zuletzt fast weiss. Das gelbe und weisse Licht ist heller als das rote, verschwindet aber, sobald der Strom geöffnet wird. Wird die Kreide sehr heiss, so scheint die Kathodoluminescenz ganz aufzuhören.

Hier tritt wieder sehr deutlich die Abnahme der Abklingungszeit, die Zunahme der Abklingungskonstante mit der Temperatur hervor.

42. Die durch die Kathodenstrahlen erregten Luminescenzschwingungen sind unpolarisiert.

Wie das gewöhnliche Phosphorescenzlicht bei einer Untersuchung senkrecht zur Grenzfläche unpolarisiert ist (bei schrägem Austritt wird es durch die Brechung beim Austritt polarisiert), so ist dies auch bei dem Kathodoluminescenzlicht der Fall. Der Grund ist in beiden Fällen derselbe. Die ursprünglich erregten Schwingungen sind parallel zu den erregenden gerichtet; noch ehe aber auch nur ein merklicher Theil des Leuchtenergieinhaltes abgegeben ist, hat das Molekül in Folge der Wärmebewegung eine grosse Anzahl von Rotationen ausgeführt, dies ist daher auch für die Richtung der Leuchtbewegungen der Fall; die ausgesandten Lichtstrahlen müssen unpolarisiert sein.

γ) Dispersion der Kathodenstrahlen.

43. Durch den Einfluss eines Magneten werden die Ansatzstellen der Kathodenstrahlen an der Kathode verschoben und die Kathodenstrahlenbündel in ver-

schiedene Teile zerlegt (Dispersion der Kathodenstrahlen).

Bringt man ein weites cylindrisches Rohr mit plattenförmiger Kathode zwischen die Pole eines Elektromagneten, so sieht man, wenn dieser nicht erregt ist, einmal die Kathodenstrahlen von einer kreisförmigen Stelle in der Mitte der Kathode ausgehen, ausserdem aber noch einzelne Strahlen bald an dieser bald an jener Stelle der Platte austreten. Ihre Ansatzstellen sind durch helle leuchtende Pünktchen bezeichnet, die unstet hin- und herspringen und wohl von zerstäubtem Metall herrühren. Erregt man den Elektromagnet, so verwandelt sich der Kreis in eine Ellipse, deren Mittelpunkt von dem ursprünglichen Ansatzpunkt der Kathodenstrahlen fortgeschoben ist und zwar nach der Richtung, nach der auch die Biegung der Kathodenstrahlen erfolgt, also wenn man in der Richtung der Kraftlinien über die Platte hinsieht, nach rechts.

Das Kathodenbündel selbst erscheint fächerförmig; die der Axe des Rohres zunächst liegenden Teile sind am wenigsten umgebogen, die Ansatzstelle selbst erscheint an den verschiedenen Stellen verschieden gefärbt. In der Mitte ist sie violett gefärbt, daran anschliessend rot, und am äussersten, am stärksten abgelenkten Saume häufen sich die oben besprochenen Fünkchen an.

Steigert man die Stärke des Elektromagneten, so nimmt die Verschiebung und die Zerlegung in einzelne Theile zu. Der Magnet wirkt also schon auf die in der Kathode verlaufenden Vorgänge, welche die Kathodenstrahlen hervorrufen, und die wesentlich ihren Sitz in der Oberfläche der Platte haben.

δ) Durchlässigkeit von Metallschichten für Kathodenstrahlen.

44. Kathodenstrahlen dringen durch dünne Metallschichten, die für das Licht undurchsichtig sind.

In ein cylindrisches Glasrohr von 2,5 cm Weite ist axial eine Platindrahtkathode eingeschmolzen. Man benutzt sie eine Zeit lang als Kathode, die Wand bedeckt sich dann mit einer mehr oder weniger dicken Metallschicht, einzelne Stellen sind fast undurchsichtig, andere nicht. Geht die Entladung in solcher Weise durch, dass an nicht von Metall bedeckten Stellen des Glases

grünes Licht auftritt, so ist dies auch an den mit Metall bedeckten Stellen der Fall. Die Unterschiede in der Durchsichtigkeit der Metallschicht bedingen Unterschiede in der Helligkeit des grünen Lichtes, die aber kleiner sind als erstere.

Nicht nur bei Platin-, sondern auch bei Kupferschichten zeigt sich dasselbe Phänomen.

45. Abgesehen von allen weiteren theoretischen Konsequenzen lehrt die eben beschriebene Thatsache, dass die Crookes'sche Anschauung von der Fortschleuderung der sogenannten strahlenden Materie irrig sein muss, da solche nicht durch die Metallschichten hindurchgehen könnten.

Da die dünnsten Dielektrica für Kathodenstrahlen undurchlässig sind, Metalle aber durchlässig, so haben wir hier einen weiteren typischen Unterschied zwischen beiden.

46. Da nach E. Wiedemann die Kathodenstrahlen in ihrem sonstigen Verhalten sehr kurzwelligen Lichtstrahlen sehr nahe stehen, so ist es um so auffallender, dass Platinschichten von merklicher Dicke eine so geringe Absorption auf sie ausüben. Die elektromagnetische Lichttheorie liess ganz anderes erwarten. Wir haben hier einen neuen Fall vor uns, welcher zeigt, dass sie nicht ausreicht, die Erscheinungen vollkommen zu erklären; Maxwell hebt selbst das Beispiel des Goldes hervor, welches den Lichtstrahlen gegenüber sich als viel durchsichtiger erweist, als die elektrischen Konstanten des Metalles erwarten lassen.

Im vorliegenden Falle haben wir die Erscheinung vielleicht so zu deuten: Die aus dem Dielektricum in Gestalt von Kathodenstrahlen ankommenden Verschiebungsströme übertragen sich auf das Metall und dringen in dieses bis zu einer geringen Tiefe ein, wie dies gelegentlich auch bei anderen Anordnungen beobachtet wurde.

Im vorliegenden Falle ist die Amplitude an der Rückwand des Metallbeleges noch so gross, dass die anliegenden Glasmolekülschichten zu lebhafter Fluoreszenz angeregt werden. Dass die Schirmwirkung des Metalles hier eine so geringe ist, liegt wohl zum Teil auch an der ausserordentlich grossen Energie des ankommenden Verschiebungsstromes [1]) in den Kathodenstrahlen.

---

[1]) Im Allgemeinen kann das Nichtzutreffen der Maxwell'schen Gleichungen für Metalle nicht durch einfache Annahmen korrigiert werden;

sowohl die für die Absorption, wie die für die Dispersion sich bei den Halbleitern ergebenden Formeln weichen weit von der Erfahrung ab. Auch eine Modifikation der Gleichungen des Gesamtstromes, wie sie Potier versucht, welcher beim Ansatz der Feldgleichungen zum Ausdruck bringt, dass die elektromotorische Kraft gleich der Summe der beim Leitungsstrom und der beim Verschiebungsstrom wirksamen elektromotorischen Kraft ist, führt hier nicht zum Ziele; die Nichtübereinstimmungen zwischen Theorie und Beobachtung dürfte tiefer liegende Gründe haben.

Der eine von uns (H. Ebert) gedenkt in nächster Zeit eingehender hierauf zurückzukommen. An dieser Stelle nur eine kurze Andeutung: Die Maxwell'sche Theorie verfolgt konsequent das Ziel, die elektrischen Bewegungen den Grundgleichungen der Mechanik zu unterwerfen und zeigt, wie in der That die etwas spezialisierten Lagrange'schen Differential-Gleichungen (in ihrer zweiten Form) ausreichen die meisten elektrischen Erscheinungen als einfache Bewegungsvorgänge darzustellen; die Spezialisierungen laufen darauf hinaus, die Strombewegungen auf eine cyklische Variabele zurückzuführen und durch eine Reihe langsam veränderlicher Parameter näher zu bestimmen. Die allgemeinen Feldgleichungen werden dann aus den polycyklischen Gleichungen gewonnen, unter der Annahme, dass die Geschwindigkeiten aller Teile des Systems sich linear ausdrücken lassen durch die ersten Ableitungen der cyklischen Variabeln nach der Zeit, der Begriff des elektromagnetischen Momentes, welches den elektrotonischen Zustand des Feldes bestimmt, erhält seine bestimmte Definition, wie dies in der Boltzmann'schen Darstellung besonders schön hervortritt. Bei dieser Ableitung aus der Cykeln-Theorie wurden indessen nur reine Cykeln benutzt d. h. nur solche, bei denen keine periodisch hin- und hergehenden Teile vorkommen. Darum kann die daraus entwickelte Theorie streng auch nur für solche Elektrizitätsbewegungen gelten. Sowie rasch hin- und hergehende Bewegungen beteiligt sind, müssen sich Abweichungen einstellen. Bei der Ordnung der bei den neueren Versuchen über elektrische Schwingungen benutzten Schwingungszahlen (10^8 bis 10^{10} pro Sekunde) sind die Abweichungen noch gering. Bei elektrischen Oscillationen von der Ordnung der Lichtschwingungen sind sie erheblich. Es scheint, dass man bei Berücksichtigung der Glieder, welche hin- und hergehenden Teilen entsprechen, deren Geschwindigkeiten nicht mehr linear mit den cyklischen Variabelen zusammenhängen, bei dem Ansatze der polycyklischen Gleichungen und dem daraus gebildeten Ausdrucke für das das Feld bestimmende elektromagnetische Moment zu plausibelen Formeln sowohl für die Absorption wie für die Dispersion in Halbleitern gelangt. Es soll dementsprechend die Theorie der polycyklischen Bewegungen mit hin- und hergehenden Teilen und ihre Anwendung auf die Maxwell'sche Theorie gelegentlich eingehender behandelt werden.

ε) Reflexion der Kathodenstrahlen.

46. Kathodenstrahlen, welche auf Platten fallen, erzeugen dort entweder neue Kathodenstrahlenbündel oder werden diffus reflektiert[1]).

Der dunkele Kathodenraum setzt dem Eindringen von Kathodenstrahlen einen grossen Widerstand entgegen und wird, wenn solche auf ihn auftreffen, zusammengedrückt.

Einer Kathode K_1 aus Aluminiumdraht von 3 mm Durchmesser, dessen Ende oben abgefeilt ist und bis zum Ende mit einer Glasröhre umgeben ist, steht eine Metallplatte M gegenüber, die sich um eine Axe drehen lässt, welche senkrecht zu der Richtung der Kathode und damit zu den von dieser ausgehenden Kathodenstrahlen steht. Um die Kathode K_1 lagert sich ein ziemlich kleiner, scharf begrenzter, dunkler Raum R_1, und ein schmales, schwach divergierendes Kathodenstrahlenbündel B_1 tritt aus ihr aus.

Unter bestimmten Versuchsbedingungen, bei bestimmtem Druck etc. beobachtet man folgendes. Wir lassen die Kathodenstrahlen zunächst unter einem Winkel von 10—15° auf M fallen. Um M bildet sich ein dunkler Raum R_2 aus, der von einer Glimmlichtschicht umgeben ist. Von der Platte geht senkrecht zu dieser ein Kathodenstrahlenbündel B_2 aus, das in gerader Richtung bis an die Rohrwand fortschreitet.

Ein solches Bündel tritt aber nur an der Vorderfläche aus, die Platte M ist an ihrer Vorderfläche zu einer Kathode K_2 geworden. Innerhalb des K_2 umgebenden dunklen Raumes erscheinen die Kathodenstrahlen wesentlich violetter als ausserhalb desselben.

Das Bündel B_2 sei rechts von dem dunkeln Raume um K_1 gelegen. Dreht man M zu kleineren Einfallswinkeln, so dreht sich das Bündel B_2 und schreitet bis an die Wand des Gefässes fort, bis infolge der Drehungen seine Richtung eine derartige geworden ist, dass es auf den dunkeln Raum R_1 um K_1 trifft Sobald dies für den am weitesten links gelegenen Teil des Bündels der Fall ist, wird es abgeschnitten, es kann nicht in den dunkeln Raum R_1 eindringen, sondern legt sich um ihn herum; die

---

[1]) Die Bedingungen, wann das eine oder andere Phänomen überwiegt, werden in der ausführlichen Mitteilung erörtert werden.

weiter rechts gelegenen Teile von B_2 gehen noch ungestört weiter. Bei fortgesetztem Drehen in demselben Sinne werden immer grössere Teile des Bündels B_2 aufgehalten, endlich sogar das ganze Bündel B_2. Dabei wird der Kathodenraum R_1 um K_1 deformiert, er wird kleiner und scheint sich von allen Seiten zusammenzuziehen. Der Raum um K_2 wird dagegen grösser; an der Stelle, wo das Bündel B_1 auftrifft, scheint er nach K_2 hineingedrückt zu sein. Fällt das Bündel B_1 senkrecht auf M, so hat B_2 dieselbe Richtung wie B_1 und die Bündel erscheinen besonders hell.

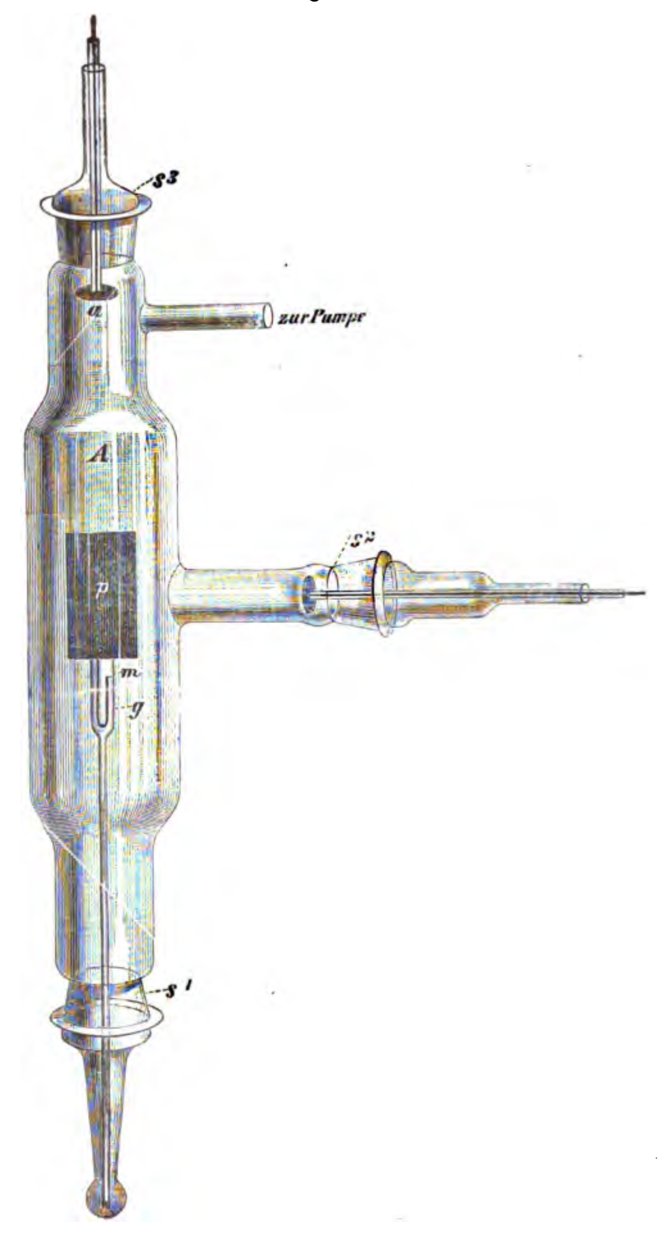
47. Dreht man weiter nach links, so wiederholen sich dieselben Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge.

Dreht man von Einfallswinkeln von 15° an zu immer grösseren, so verkürzt sich das Kathodenstrahlenbündel B_2 immer mehr, und an seine Stelle treten diffus reflektirte Strahlen, welche die Glaswand zum hellen Leuchten bringen.

Die Versuche gelingen mit Platten von Aluminium, Gold, Kupfer, Messing, Silber, Eisen, von den untersuchten Metallen bisher allein nicht mit Platin. An letzterem war aber die diffuse Reflexion schon bei senkrechter Incidenz sehr ausgebildet, der ganze der Platte M gegenüberliegende Teil der Röhre leuchtete schön grün.

48. Die diffuse Reflexion der Kathodenstrahlen wurde in grösserer Entfernung von der Kathode in einem weiteren Rohre untersucht. Ein vertikal gestelltes, 5,6 cm weites, 22 cm langes Glasrohr Fig. 2 trägt an einem Ende einen weiten Schliff s_3 mit einer Aluminiumplatte a (Durchmesser 1,4 cm), welche zur Anode gemacht wird, die zur Erde abgeleitet ist. Am anderen Ende trägt es ebenfalls einen weiten Schliff s_1, durch den ein Glasstab eingeführt wird, der oben eine flachgedrückte Glashülse g trägt. In diese kann von oben her durch den weiten Schliff mittelst einer langen Zange der Stiel m der zu untersuchenden Platte p gesetzt werden, welche also um die Rohraxe drehbar ist. In der Höhe der Plattenmitten ist seitlich ein über 2 cm weites Rohr angesetzt, in welches eine 1,8 cm im Durchmesser haltende, als Kathode benutzte Aluminiumplatte durch einen weiten Schliff s_2 eingeführt wird. Vor der Ansatzstelle ins weite Rohr ist dasselbe seitlich bis auf 1,8 cm verengert; diese Verengerung wirkt als Diaphragma. (Bei Einsetzen von besonderen, noch engeren Diaphragmen kom-

Fig. 3.



plizieren sich die Verhältnisse dadurch, dass sich an den Diaphragmenrändern eine sekundäre Kathode ausbildet, welche den Gang der von der Hauptkathode kommenden Strahlen stört.)

Wird so weit ausgepumpt, dass sich die positiven Schichten weit nach oben zurückziehen und ein feines, schmales und intensives Kathodenbündel von der Mitte der seitlichen Aluminiumplatte ausgeht, so zeigt sich bei Anwendung von Platten von 5 × 6 cm Grösse im Hauptrohre folgendes:

a) Metallplatten. Das auffallende schmale Kathodenbündel wird vollkommen diffus reflektiert; der ganze Halbzylinder vor der Metallplatte fluoresziert schön grün. Dass dieses Licht wirklich von Strahlen berührt, die an der Platte zerstreut werden, sieht man u. a. daran sehr gut, dass das Licht haarscharf an der Linie abschneidet, wo die Plattenebene verlängert den Mantel des Glasrohres treffen würde und dass diese Grenze beim Drehen der Platte mitwandert. Nirgends lässt sich, auch bei sehr grossen Incidenzwinkeln ein Zusammendrängen der diffundierten Strahlen bemerken, etwa in der Richtung der regelmässigen Reflexion, oder in der Nähe der Grenze des erleuchteten Halbzylinders. Auch nach oben und unten, also in grossen Azimuthen gegenüber der Einfalls- und Hauptzerstreuungsebene ist die Helligkeit merklich dieselbe. Wir haben also in den Metallen Körper, welche den elektrischen Oscillationen gegenüber sich als ausserordentlich zerstreuend erweisen. Wollen wir sie mit optisch zerstreuenden Körper vergleichen, so haben wir sie etwa dem feinsten, weissesten Gyps gleich zu stellen. Sie gehorchen streng dem Lambert'schen Cosinusgesetze. Herr W. König hat schon früher darauf hingewiesen (Wied. Anm. 37 p. 661, 1889), dass die Hertz'schen Formeln für elektrischen Schwingungen ihr vollkommenes Analogon in den Formeln finden, wie sie sich für die diffus reflektierenden Substanzen für Lichtschwingungen als gültig erwiesen haben. Es liess sich daran die Vermutung knüpfen, dass rasche elektrische Schwingungen unter gewissen Bedingungen ebenfalls das Phänomen der diffusen Reflexion ergeben würden; diese Vermutung dürfte durch die obigen Versuche als bestätigt zu betrachten sein.

Vergleicht man die Gesamthelligkeit des runden grünen Fleckes, welcher an der der Kathode gegenüber liegenden Wand des Rohres entsteht, wenn man die reflektierende Platte parallel zu den Kathodenstrahlen stellt, so dass letztere an derselben vorbei-

gehen, eine Helligkeit, die zugleich das Maximum des Lichtes bestimmt, welches die Kathodenstrahlen überhaupt erzeugen können, mit der nach der Diffusion im ganzen Halbzylinder verbreiteten, so erkennt man, dass die reflektierende Kraft des Metalles sehr gross ist. Wir können analog wie bei den Licht- und Wärmeschwingungen hier von einer Albedo den elektrischen Schwingungen gegenüber sprechen; die elektrische Albedo der Metalle ist also sehr gross; sie soll durch besondere Messungen noch genauer ziffermässig festgestellt werden.

b) Platten aus Dielektricis. Auch die Dielektrica reflektieren auffallende elektrische Oscillationen diffus. Doch machen sich mehrere Unterschiede gegenüber der Reflexion bei den Metallplatten geltend[1]: Bei senkrechter Incidenz ist das zerstreute Licht verhältnismässig schwach. Die senkrecht und nahe senkrecht austretenden Kathodenstrahlen (vergl. 46) sind stärker ausgebildet, sie nehmen einen grossen Teil der einfallenden Energie in Anspruch; in der That ist die vorgelagerte Glimmlichthülle, die bei den Metallplatten nur eine untergeordnete Rolle spielt, sehr stark entwickelt. Erst bei Incidenzen von etwa 15° zu beiden Seiten des einfallenden Bündels, wo die Intensität des senkrecht austretenden sekundären Kathodenbündels geringer wird, entwickelt sich das zerstreut reflektierte Licht, um nun etwa dieselbe Intensität wie bei den Metallplatten zu erreichen; die mittlere Albedo ist also bei Metallen und Dielektricis etwa die gleiche. Bei sehr schräger Incidenz wird zwischen dem Ort, wo ein regelmässig reflektierter Strahl auftreffen würde, bis zur Grenzlinie, die der Plattenebene entspricht, die Helligkeit auffallend grösser und erreicht ein Maximum in der Grenze. Wir können diese Erscheinung parallelisieren mit der an zerstreut reflektierenden Oberflächen, welche bei grossen Incidenzen zum Teil regelmässige Reflexion neben der zerstreuten zeigen also mit der Reflexion an diffus reflektierenden Flächen mit schwachem Oberflächenglanz. Die Dielektrica sind also etwa mit Kartonpapier zu vergleichen.

Die typischen Unterschiede zwischen Metallen und Dielektricis bei der Reflexion von elektrischen Oscillationen sind durch

---

1) In der Glashülse waren immer je eine Metallplatte (meist Messing) und eine Platte aus einem dielektrischen Material (meist Glimmer) befestigt, so dass beide genau unter identischen Bedingungen durch einfaches Drehen des Schliffes s_1 untersucht werden konnten.

ihre elektrischen Konstanten bedingt, wie wir in der ausführlicheren Arbeit eingehender begründen werden.

Sehr interessante Erscheinungen erhält man, wenn man über die bei den beschriebenen Versuchen benutzten Plattenpaare Streifen von Metallen bezw. Dielektricis legt. Man erhält dann dunkle Räume von eigentümlicher Gestalt, die von Glimmlichtstrahlen in charakteristischer Weise umhüllt werden. Da sich die Erscheinungen aber ohne Figur nur schwer anschaulich beschreiben lassen, verschieben wir ihre Besprechung bis zur definitiven Veröffentlichung.

ζ) Einflüsse des Magneten auf die Kathodenstrahlen.

49. Kathodenstrahlen sind bei niederen Drucken gegenüber dem Einfluss des Magneten wesentlich starrer als bei höheren.

Ein ca. 2,6 cm weites und 38 cm langes Rohr mit fast den ganzen Querschnitt erfüllenden Plattenelektroden wird äquatorial zwischen die Pole eines Elektromagneten gestellt; letzterer befindet sich ca. 2 cm von der Kathode entfernt. Man evacuiert so weit, dass ein schmales Kathodenbündel aus der Kathode austritt. Dann sperrt man die Pumpe ab und evacuiert den Recipienten. Man erregt den Elektromagneten, so dass die Kathodenstrahlen mässig stark nach einer bestimmten zwischen ihm und der Anode gelegenen Stelle der Wand abgelenkt werden, die dann grün erscheint.

Man verbindet das Rohr mit dem Recipienten, der Druck nimmt dadurch im Rohre ab, das Kathodenbündel wird schmaler, der grüne Fleck an der Wand rückt weiter nach der Anode hin, das Bündel selbst ist also bei derselben Feldstärke weniger stark abgelenkt.

50. Durch die Wirkung des Magneten auf die Kathodenstrahlen kann das Entladungspotential sowohl herabgesetzt als auch erhöht werden.

Parallel zu dem eben beschriebenen Entladungsrohr wurde ein Funkenmikometer geschaltet und der Abstand der Kugeln bestimmt, bei dem, wenn man die Kugeln von grösserem zu kleinerem Abstand einander näherte, eben Funken übergingen, und daraus das Entladungspotential P in Volt berechnet. Die folgende Tabelle giebt die Werte von P ohne Magnet: P_0, mit schwach erregtem Magnet: P_1, mit stark erregtem Magnet: P_2.

Etwas höherer Druck:

P_0	P_1	P_2
7200	4500	12900

Niederer Druck:

P_0	P_1	P_2
17100	7200	9600

Bei schwach erregtem Magnet ist das Kathodenbündel abgelenkt, aber noch nicht vollkommen zur Seite gedrückt, dagegen ist sein Querschnitt in der pg. 27 angegebenen Weise vergrössert, dadurch ist wohl das kleinere Potential bedingt. Bei stark erregten Magnet treten die von E. Wiedemann, Wied. Anm. 20. 779, behandelten und diskutierten Phänomene auf: Die Kathodenstrahlen und die Glimmlichthülle sind ganz an die Seite gedrückt und die positive Säule gelangt nicht zu den Stellen der Entladung, in denen sie ihren Ausgleich finden könnte.

η) Erscheinungen an der Kathode in Folge der schnellen Schwingungen der ankommenden Oscillationen.

51. Die Erscheinungen an der Kathode sind unabhängig von der Leitfähigkeit ihres Materiales.

Da für den Eintritt der Oscillationen der Ohm'sche Widerstand eine untergeordnete Rolle spielt (Satz V), so erklärt sich, warum bei Elektroden von sehr verschiedener Leitfähigkeit (z. B. Metallen und Bleihaloidverbindungen) die Erscheinungen die gleichen sind.

52. Eine Kathode setzt dem Eintritt von Entladungen von passender Schwingungsdauer und hoher Energie einen grossen Widerstand entgegen, sie suchen einen Ausweg, möglichst nahe an der Ableitungsstelle.

In ein 2,8 cm weites und 13 cm langes Rohr war axial am einen Ende eine 4 cm lange nur an ihrem in das Rohr eingeschmolzenen Ende mit Glas umgebene drahtförmige Elektrode A eingeschmolzen, an dem anderen eine bis auf die Spitze mit Glas umwickelte 5 cm lange Elektrode B eingesetzt, deren Spitze bündig mit dem Glas abgeschnitten war. Die Röhre wurde so weit evacuiert, dass, wenn keine Funkenstrecke sich im Stromkreis befand, und A Kathode war, die ganze Oberfläche der Kathode A mit kurzen weisslichen Strahlen besetzt war. Schaltete man wach-

sende Funkenstrecken ein, so trat zunächst lebhaftes grünes Licht an den Wandungen auf, bei noch grösseren Funkenstrecken wurde dasselbe dagegen sehr matt. Auf der Oberfläche der Drahtkathode A_1 war dann kaum mehr Licht zu sehen, dagegen trat ganz am Ende derselben, wo da sie in das Entladungsrohr eingeschmolzen war, ein helles Büschel auf und zeigte die Eintrittsstelle der Entladung an. Das Metall der Kathode wird also in hohem Grade von der Entladung umgangen.

53. Zur Erklärung dieser Erscheinung diene folgender Hinweis: Bei Aenderung der eingeschalteten Funkenstrecke werden einmal die Schwingungsdauern der Oscillationen, vor allem aber die Amplituden einer jeden und damit deren Energie geändert. Ist keine oder nur eine kleine Funkenstrecke eingeschaltet, so gelangen zahlreiche Oscillationen von geringer Energie auf die Kathode, sie können sich relativ leicht ausgleichen und erzeugen nur schwache kathodenstrahlenartige Gebilde, dieselben sind nur kurz, der von ihnen auf ihre Vorderfläche ausgeübte Druck genügt nicht, um den Widerstand (Impedienz) im dunklen Raum zu überwinden (s. pg. 2). Ihre Energie wird schon im dunklen Raum verbraucht; bei den längeren Kathodenstrahlen bedingt dieser Energieverbrauch ihre eigentümliche Färbung in der Nähe der Kathode.

Mit wachsender Funkenstrecke wächst auch die Energie der Oscillationen und entsprechend diejenige der erregten Kathodenstrahlen, der Druck auf die Vorderfläche (vergl. 23) wächst, die Kathodenstrahlen können den dunklen Raum durchsetzen, treffen auf das Glas und bringen es zum Leuchten. Ist die Funkenstrecke noch grösser, so vermögen nur Bruchteile der gesamten Energie der Oscillationen durch die Kathode abzufliessen, sie gleiten daher im wesentlichen an der Kathode hin und dringen möglichst nahe an dem zur Erde abgeleiteten Ende in dieselbe ein.

54. Mit abnehmender Grösse des Teiles der Kathode, in den die elektrischen Oscillationen eintreten können, nimmt das Entladungspotential zu.

Zahlreiche frühere Versuche haben gezeigt, dass mit abnehmender Grösse der Kathode der sog. Uebergangswiderstand an derselben zunimmt. Dafür dass bei gleicher Elektrodengrösse das Entladungspotential zunimmt mit abnehmender Grösse des Teiles, in den die elektrischen Oscillationen eintreten können, sind folgende Versuche sehr charakteristisch.

In zwei gleiche cylindrische Röhren A und B von 20 cm Länge und 2 cm Weite sind gleiche kreisförmige Kathoden gesetzt, an ein beide verbindendes T-Stück ist seitlich die Anode angesetzt. Die eine der beiden cylindrischen Röhren B ist unterhalb der Platte bis auf ein Lumen von 0.5 cm verengt (vgl. Fig. 1).

Beim Evacuieren erkennt man, dass das Entladungspotential in B weit höher ist, als in A, daran, dass schon bei weit höheren Drucken die Entladungen nicht mehr durch B hindurchgehen, als durch A. Ferner treten in B viel eher Kathodenstrahlen auf als in A.

Nach der hier entwickelten Ansicht erklärt sich diese Erscheinung sehr einfach: Der sich um die Kathode ausbildende dunkle Raum drängt sich an die Begrenzung der Verengung des Rohres und schliesst dadurch den Oscillationen den Weg zu den rückwärts gelegenen Teilen der Kathode ab. Ankommende Oscillationen von gleicher Energie werden daher auf der Kathode von B pro Flächeneinheit viel grössere Bewegungen hervorrufen als auf A, die Schirmwirkung verstärken und zu Kathodenstrahlen grösserer Energie Veranlassung geben.

Von der Grösse der hierdurch möglichen Aenderungen möge folgendes Beispiel eine Vorstellung geben, in dem P das zur Entladung nötige Potential bezeichnet.

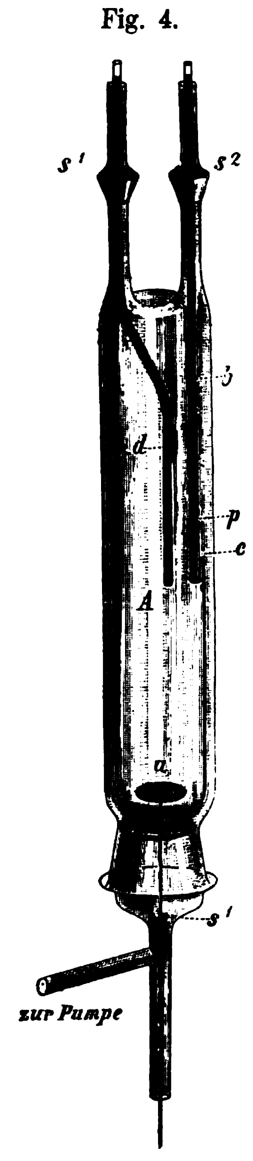
Druck: 0,0014 cm = 18 cm^{-1} gr sec^{-2}; Röhre A: P = 2400 Volt; Röhre B: P = 13800 Volt; Druck: 0,00055 cm = 7 cm^{-1} gr sec^{-2}; Röhre A: P = 3000 Volt; Röhre B: P = 21300 Volt.

55. Ist eine drahtförmige Kathode bis auf einen kleinen Teil mit einem isolierenden Medium, z. B. Glas, umhüllt, so wird bei auftreffenden Oscillationen von grösserer Energie das die Kathode umhüllende Glas zur Kathode und leuchtet, falls es fluorescenzfähig ist.

a) In dem pag. 37 beschriebenen Rohr wurde die unbedeckte Elektrode zur Anode, die mit Glas bis auf die Spitze umwickelte zur Kathode gemacht; die Umwickelung bestand aus gewöhnlichem Glas; entsprechend der Herstellung bestand die Umwicklung aus abwechselnden dickeren konvexen und dünneren konkaven Teilen.

Ohne eingeschaltete Funkenstrecken trat bei mittleren Drucken die Entladung durch die Spitze aus.

Fig. 4.



Bei Einschalten von Funkenstrecken leuchtete einmal das die Kathode umhüllende Glas schön grün, ausserdem aber auch die Wand der Röhre, und zwar zeigte sie abwechselnde Helligkeitsmaxima und Minima; erstere entsprachen Einschnürungen in dem umhüllenden Glase, denn diese wirken wie eine konkave Kathode, letztere entsprechen den Wülsten in dem umhüllenden Glase, sie wirken wie eine konvexe Kathode.

Sobald die Oscillationen nicht durch die Spitze der Kathode selbst entweichen können, gleiten sie an dem umhüllenden Glase hin und drängen durch dasselbe zu der eingeschlossenen Kathode hin. Sie erzeugen auf dem Glase eine Kathode, von der Kathodenstrahlen ausgehen. Aber auch die Ansatzstelle derselben, das Glas selbst leuchtet. Ob dies hervorgerufen wird durch die eintretenden Oscillationen oder durch die von ihnen erzeugten die Kathodenstrahlen hervorrufenden Bewegungen, ist noch genauer zu eruieren.

Das Metall zeichnet nur den Weg, den der Elektrizitätsausgleich zu nehmen hat, vor; dadurch, dass man die Elektrizität in Form sehr rascher Schwingungen der Kathode zuführt, kann man es dahin bringen, dass die Bedeutung des dieselbe bildenden Metalles völlig zurücktritt und die Dielectrica die Funktion der Kathode übernehmen.

b) Wie sich spezieller die Verhältnisse in der Ausbreitung der Oscillationen gestalten, zeigt folgender Versuch: In ein ca. 6 cm weites cylindrisches Rohr Fig. 4 war an dem einen Ende durch einen weiten Schliff s_1 eine Aluminiumplatte a als Anode eingesetzt, die zur Erde abgeleitet wurde; ihr gegenüber waren sym-

metrisch zur Rohr-Axe (ihr parallel) zwei Schliffe s_1 und s_2 angesetzt. Durch den einen war eine auf die Länge von 4 cm in Emailglas c eingehüllte Platindrahtelektrode p eingeführt, welche an ein Glasrohr b angeschmolzen war, das $3^1/_2$ cm weit in das weite Rohr vorragte; es war in dem Schliff s_2 eingekittet, die Zuführung der negativen Elektricität von der Maschine aus geschah durch Quecksilber, welches das Zuleitungsrohr erfüllte. Durch den anderen Schliff s_1 war ein Glasrohr aus demselben Glas eingekittet, welches vorn knieförmig zur Seite gebogen war, so dass der vordere, 6 cm lange, der Rohraxe parallele Teil d durch Drehen des Schliffes der Drahtkathode genähert oder von ihr entfernt werden konnte.

Bei geringer Elektrizitätszufuhr (langsamem Drehen der Maschine) und etwas höheren Drucken setzt sich die Entladung pinienartig auf die Spitze der Kathode auf. Sowie der Elektrizitätszufluss reichlicher wird, biegt das blaue Licht um und überzieht zunächst nur die vordere Spitze der Glasröhre b, um dieselbe bildet sich ein regelrechter dunkler Raum. Bei noch schnellerem Drehen geht das blaue Licht bis ganz nach hinten, das Aussehen der umhüllten Elektrode und des weiter zurückliegenden Zuführungsrohres ist vollständig das einer drahtförmigen Metallkathode.

Bei weiterer Evakuation dehnt sich der dunkle Raum immer weiter aus, das Glas b fängt schliesslich an sehr hell grün zu leuchten (das zwischen ihm und der Elektrodenspitze, an der sich ein lebhaftes Funkenspiel entwickelt, eingeschaltete Emailglas, vergl. die Fig. 3, fluoresciert nicht), während das daneben befindliche gebogene Glasrohr d dunkel bleibt. Es leuchtet nur dort, wo es von Kathodenstrahlen getroffen wird, sei es direkt, sei es durch sekundäre Kathodenstrahlen, wie sie sich z. B. bei Berührung der äusseren Rohrwand ausbilden, aber selbst dann nicht, wenn es dem die Kathode tragenden Rohre sehr nahe gebracht wird. Damit ist gezeigt, dass dessen Leuchten nicht etwa von dem in dem Rohre befindlichen blauen Lichte herrührt, sondern dadurch bedingt ist, dass das ganze Glasrohr b selbst Kathode wird. Einschalten von Funken änderte nichts wesentliches an der Erscheinung.

Dass nicht etwa die Füllung mit Quecksilber dabei eine Rolle spielt, sieht man, wenn man auch das zweite knieförmig gebogene Rohr d mit Quecksilber bis zur Spitze füllt. Mag das Quecksilber

in ihm abgeleitet sein oder nicht, in keinem Fall leuchtet die Oberfläche der Röhre merklich. Auch treten bei weiter Evakuation alle sonstigen Charakteristiken einer Kathode um das erste Glasrohr auf (Schatten, Leuchten der umgebenden Wände des äusseren Rohres u. s. w.).

Wurde hingegen das völlig elektrodenlose zweite Rohr mit der Maschine verbunden und bei Einschaltung von Flaschen der Elektrizitätsübergang eingeleitet, so zeigte seine äussere Glaswand ebenfalls bei jeder Entladung alle Merkmale einer Kathode.

53. Die eben besprochenen Versuche zeigen, dass Oscillationen, welche in ein Dielektricum einzudringen suchen, dort eine Kathode erzeugen und das Dielektricum, falls es aus weichem Glas besteht, zum Leuchten bringen.

Eng damit im Zusammenhange stehen die beiden folgenden Erscheinungen:

a) Man beobachtet bei sekundären Kathoden, wie sie bei Ableitung eines Rohres entstehen, an der Innenwand des Rohres an der abgeleiteten Stelle ein grünes Leuchten des Glases.

b) Nicht nur die Innenwand einer Glasröhre leuchtet an der einer abgeleiteten Stelle gegenüberliegenden Stelle grün, sondern auch die Aussenwand (E. Wiedemann Wied. Ann. 9 p. 159. 1870).

ϑ) Verhalten des dunklen Raumes.

54. Treten die elektrischen Oscillationen aus der Anode aus und gelangen sie an die Kathode, so verlaufen sie zunächst nur an der Oberfläche, da sie nur schwer in das Metall eindringen können; durch die Rückwirkung desselben auf die ankommenden Schwingungen entsteht der dunkle Raum (Satz II).

Bei dieser Auffassung des dunklen Raumes erklärt sich auch, warum der Aether in demselben keine besonderen Eigenschaften in optischer Hinsicht zeigt, (vgl. E. Wiedemann u. H. Ebert Wied. Ann. 36. p. 640), da keine besonderen Druck- oder Zugspannungen vorhanden sind, sondern das Phänomen vielmehr einem dynamischen Gleichgewicht entspricht.

Der dunkle Raum setzt

a) einmal dem Eindringen der positiven Entladung, d. h. also dem Austritt von Oscillationen aus einem Drahtende, das sich in dem dunklen Raum befindet, einen sehr grossen Wider-

stand (Impedienz) entgegen (E. Wiedemann Wied. Ann. 20. p. 767)

b) Weiter widersetzt er sich dem Eindringen von Kathodenstrahlen, die von einer andern Kathode ausgehen, wie die p. 51 beschriebenen Versuche lehren.

c) Aus dem jedenfalls von der Kathode aus abnehmenden Widerstande des dunklen Raumes erklären sich wohl auch die Deflexionserscheinungen von Goldstein.

d) Kathodenstrahlen, die von einer Kathode ausgehen, erfahren in dem diese umhüllenden Raume, während sie sich in ihm bewegen einen grossen, von der Kathode aus abnehmenden Widerstand, wie schon ihre eigentümliche Färbung in der Nähe der Kathode zeigt.

Aus dem Vorhandensein dieses Widerstandes folgt auch warum erst, wenn die aus einer Kathode austretenden Kathodenstrahlen eine bestimmte Energie besitzen, sie sich ausbreiten können (vergl. oben p. 23).

Sobald die Energie aber mit abnehmendem Drucke erst einmal so gross geworden ist, dass sie den dunklen Raum durchbrechen können, so verbreiten sie sich auf sehr grosse Strecken fast ungeschwächt. Die grüne Färbung der Rohrwandung tritt bei abnehmendem Drucke fast plötzlich im ganzen Rohr auf. —

55. Die Elektrischen Oscillationen suchen, sobald die Verhältnisse sich so gestaltet haben, dass sie nicht blos an den Rändern einer Platte etc. (vgl. p. 14) eintreten, in einen Leiter von allen Seiten einzudringen.

Bei einem Entladungsrohr wie Fig. 1, nur ohne Einschnürung bei b müssen die Oscillationen sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite der Platte als auch an der Oberfläche des sie tragenden Drahtes einzudringen suchen; die Art der Vertheilung des Glimmlichtes, das eng mit den Oscillationen zusammenhängt, erklärt sich dann aus der Verteilung der Oscillationen.

56. Der dunkle Raum um die Kathode setzt dem Entdringen der Oscillationen einen grossen Widerstand entgegen; dadurch wird in vielen Fällen der Gang der positiven Lichtsäule bedingt.

In einem cylindrischen Rohr sei centrisch eine plattenförmige Kathode befestigt; dann bildet sich bei abnehmendem Druck um

dieselbe ein immer grösserer dunkler Raum aus; reicht er bis an die Wand des Rohres, so können keine Oscillationen mehr zu der Rückseite der Platte gelangen. Der scheinbare Widerstand des Rohres ist sehr erhöht, da die Oberfläche der Elektrode wesentlich verkleinert ist.

Der obere Teil des Rohres hinter der Platte ist dunkel. Steht die Platte nicht ganz centrisch, so reicht der dunkle Raum bei einem bestimmten Druck auf der einen Seite bis an die Rohrwand, auf der andren dagegen noch nicht, die positive Lichtsäule drängt sich bis an die Wand, sie geht in dem engen Zwischenraum zwischen Wand und dunklem Raum nach der Rückseite der Platte. Das positive Licht, welches sich hier zusammendrängt, ist hier viel heller, als im übrigen Teile des Rohres, wie dies in einem engen Rohre stets der Fall ist.

Erlangen, Physikalisches Institut der Universität,
Dezember 1891.

Ein Beitrag zur Kenntnis der sauren Reaktion des Muskels.

Von Florentin Alexander Meyerhold.

Berzelius hat als Erster im Jahre 1807 die Beobachtung gemacht, dass das Muskelfleisch sauer reagiere. Er erklärte diese saure Reaktion durch den Gehalt des Fleisches an einer freien, nicht flüchtigen Säure, die er mit der von Scheele aus saurer Milch dargestellten Säure für identisch hielt. Scheele war durchaus nicht derselben Ansicht. Später jedoch gelang es Liebig nachzuweisen, dass Berzelius mit seiner Ansicht Recht hatte. Die weiteren Untersuchungen waren darauf gerichtet, die Natur der in den Muskeln enthaltenen Säure genauer zu studieren. Engelhardt, Heintz und Strecker waren es hauptsächlich, die sich damit beschäftigten und die auch einige Abweichungen der in den Muskeln gefundenen Fleischmilchsäure von der gewöhnlichen Milchsäure festgestellt haben. Scherer und Wyder gewannen dann noch eine Anzahl flüchtiger Säuren aus dem Fleische, und Lehmann und Siegmund fanden auch bei glatten Muskeln saure Reaktion. Unter den französischen Forschern erkannten Valenciennes und Frémy die saure Reaktion der Muskeln als nicht immer durch Milchsäure bedingt, sondern durch saures phosphorsaures Kalium. Bei allen diesen verschiedenen Anschauungen nahm man an, dass die ganze Menge der Säure, die sich aus den Muskeln gewinnen lässt, auch bereits im lebenden Körper darin enthalten sei. Die Chemiker setzten dies wenigstens als sicher voraus. Der erste aber, der diese Ansicht, die während eines halben Jahrhunderts geherrscht hatte, durch experimentelle Beobachtungen widerlegte, war Du Bois-Reymond. Er zeigte wenigstens, dass in dem lebenden Muskel für gewöhnlich die Gegenwart freier Säure nicht zu erweisen ist, dass ferner der bei weitem grösste Teil der Säure, welche die Chemiker in angeblich frischem Fleisch gefunden haben, erst zur Zeit des Absterbens darin frei wird, endlich, dass nur in dem Falle, wo dauernde

heftige Muskelanstrengung vorhergegangen ist, der lebende Muskel eine saure Reaktion besitzt[1]).

Du Bois-Reymond stellte nun Versuche an, die, wie er selbst angiebt, zunächst an Längs- und künstlichen Querschnitten gemacht wurden, um zu erfahren, ob diese eine verschiedene Reaktion darböten. Der künstliche frische Querschnitt eines nicht gereizten und nicht durch Arbeit ermüdeten Muskels zeigte zu Du Bois-Reymond's nicht geringem Erstaunen auf Lackmuspapier keine deutliche saure Reaktion. So standen sich nun zwei Ansichten schroff gegenüber. Einerseits behaupteten die Chemiker, der frische Muskel enthalte Milchsäure, andererseits fand Du Bois-Reymond bei frischen Muskeln keine deutliche saure Reaktion. Du Bois-Reymond vermutete nun, es könnten diese zwei grundverschiedenen Ansichten nur auf der verschiedenen Auffassung von der Frische der Muskeln beruhen, d. h. darauf, dass die Chemiker die Bezeichnung „frisch" in weiterem Sinne gebraucht hätten als er, der Physiologe. In der That liessen sich die Widersprüche hierauf zurückführen. Du Bois-Reymond bemerkte nämlich, dass erst beim Absterben des Muskels, gleichviel ob es schnell oder langsam geschehe, die Säure in ihm frei werde. Wenn Liebig mit feingehacktem Fleisch frisch getöteter Tiere Versuche anstellte, so war dies eben kein frisches Fleisch mehr im physiologischen Sinne. Im Gegenteil: gehacktes Fleisch, auch von Fröschen, wird meistens schon totenstarr sein. Bei der Prüfung der Reaktion der natürlichen, die Muskeln begrenzenden Flächen fand Du Bois-Reymond sogar, dass rotes Lackmuspapier nach längerem Verweilen auf dem Muskel öfters deutlich gebläut wurde. Ebenso verhielt sich der künstliche Längsschnitt. Der Umstand, sagt Du Bois-Reymond weiter, dass der frische Muskelquerschnitt auf blauem Lackmuspapier scheinbar eine deutliche rote Spur hinterlässt, mag manchen getäuscht haben, der, um sich von der augenblicklichen Reaktion des frischen Muskels zu überzeugen, die Prüfung nur auf diese Art vorgenommen hat, ohne zu ahnen, dass er auf rotem Lackmuspapier einen scheinbar ebenso entschiedenen blauen Fleck erhalten haben würde. An Winterfröschen neigt die Reaktion des frischen Muskelquerschnittes nach Du

1) Monatsberichte der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859. März 31.

Bois-Reymond mehr zum Alkalischen, und erst der Querschnitt, der längere Zeit liegt, zeigt saure Reaktion; aber ein in einiger Entfernung von dem ersten angelegter Querschnitt verhält sich noch neutral; völlig sauer reagiert erst der totenstarre Muskel. Man könnte nun bezweifeln, ob wirklich im Innern der frischen Muskelbündel noch gar keine freie Säure vorhanden sei, indem die Möglichkeit vorläge, dass dieselbe durch die alkalischen, aus dem Blute und den Lymphgefässen stammenden Flüssigkeiten hätte verdeckt werden können. Daher spritzte Du Bois-Reymond in die Gefässe eines Tieres eine neutrale Flüssigkeit, und da er beobachtete, dass auch ein solcher Muskel rotes Lackmuspapier bläuen kann, so sagte er, dass jetzt dem Schlusse, dass in frischen Muskeln gar keine durch die Reaktion auf Lackmus nachweisbare freie Säure vorhanden sei, nichts Erhebliches entgegenstünde. Zu seinen weiteren Versuchen nahm Du Bois-Reymond 6 Portionen frischer Froschmuskeln A, B, C, D, E, F, und diese wurden 5 Minuten lang in Wasser von beziehentlich 45, 50, 55, 60, 75 und 100 Grad getaucht. Nach Verlauf von 5 Minuten mussten durch die Erwärmung in Wasser sämtliche Muskeln totenstarr sein, die den höheren Temperaturen ausgesetzten sogar doppelt starr wegen der Gerinnung nicht nur des Muskelfaserstoffes, sondern auch des Muskeleiweisses. Du Bois-Reymond glaubte nun, dass, wenn er die Querschnitte dieser 6 Muskeln untersuchen würde, alle sechs sauer reagieren, d. h. blaues Lackmuspapier röten würden. Als er jedoch die Reaktion der Querschnitte untersuchte, fand er ein Ergebnis, das er nicht erwartet: „Muskel A reagierte entschieden sauer, B und C reagierten unzweifelhaft mehr neutral, D reagierte durchaus neutral, E neigte zum Alkalischen, F zeigte deutlich alkalische Reaktion. Du Bois-Reymond behauptet ferner, dass er Froschmuskeln, die einzeln der Siedehitze ausgesetzt worden waren, nie hat sauer werden sehen, wenn er dieselben bei mittlerer Temperatur der Fäulnis überliess. Um so mehr befremdete es ihn, dass Liebig gefunden haben wollte, dass die Fleischflüssigkeiten der verschiedenen Tiere, obschon sie der Siedehitze ausgesetzt waren, sauer reagierten. Es klärte sich aber auch dieser Widerspruch der Ansichten beider Forscher auf, als Du Bois-Reymond beim Schlächter gekauftes Rindfleisch, welches eine sehr stark saure Reaktion besass, sodann freiwillig erstarrte und sauer gewordene Froschmuskeln, endlich sogar Froschmuskeln, die

durch 5 Minuten langen Aufenthalt in 45 grädigem Wasser sauer gemacht worden waren, eine Viertelstunde lang kochte und dieselben nach wie vor sauer blieben. Es war also klar, dass, wenn die Muskeln sauer geworden sind, sie durch die Siedehitze nicht mehr ihre saure Reaktion einbüssen, und daraus folgt, sagt Du Bois-Reymond, dass die Muskeln in der obigen Versuchsreihe C—F niemals sauer gewesen seien. Dass die neutrale oder alkalische Reaktion des Muskelquerschnittes nicht etwa von einer Sättigung beziehentlich Uebersättigung der in den Muskeln fertig gebildet enthaltenen Säure durch das Alkali des Blutes herrührte, zeigte Du Bois-Reymond an Froschmuskeln, ferner dadurch, dass er in die Bauchaorta eines lebend geöffneten Kaninchens blutwarmes Zuckerwasser spritzte, bis dasselbe aus der unteren Hohlvene farblos abfloss, wobei die Reaktion der blutleeren Muskeln von derjenigen mit Blut überfüllter Muskeln desselben Tieres nicht zu unterscheiden war. Du Bois-Reymond kommt schliesslich zu der Ansicht, dass es sich bei der Säurebildung im Muskel um einen Gährungsvorgang handle, da die Säuerung des Muskels durch Temperaturerhöhung innerhalb gewisser Grenzen beschleunigt, durch Temperaturerniedriguug hingegen gehemmt, durch Siedehitze und Alkohol dagegen verhindert werde.

Später studierte die Verhältnisse des Muskels inbezug auf Säurebildung Heidenhain[1]). Er geht von den oben erwähnten Versuchen Du Bois-Reymonds aus und sagt, dass der frische Muskel, da er rotes Lackmuspapier bläut und blaues rötet, in gewöhnlichem chemischen Sinne weder sauer noch alkalisch genannt werden kann. Aber auch die Bezeichnung neutral sei nicht ganz zutreffend, denn die im gewöhnlichen Sinne als neutral benannten Stoffe wie destilliertes Wasser, Chlornatriumlösung und so fort veränderten ja die Farbe des Lackmuspapiers nicht. Er bezeichnet daher das doppelseitige Verhalten des Muskels mit dem Ausdrucke der amphichromatischen Reaktion im Gegensatz zu dem monochromatischen Verhalten wirklicher Säuren und Alkalien. Im übrigen wiederholte Heidenhain die Versuche Du Bois-Reymonds mit Hilfe von Lackmustinktur, indem er sich aus dem einen Wadenmuskel eines Frosches einen Auszug mit 6 ccm

---

1) R. Heidenhain, Mechanische Leistung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. S. 153 ff. 1864.

der blauen Tinktur, aus dem anderen einen Auszug mit demselben Volumen einer durch geringen Säurezusatz eben geröteten Tinktur bereitete. Dabei fand er, dass der erstere Muskel die blaue Färbung eher kräftiger werden liess, während der zweite die rote Färbung mehr nach dem Blau zu veränderte. Da also die Farbenänderung der roten Tinktur immer stärker ausgeprägt erschien als die der blauen, so findet Heidenhain die Angabe Du Bois-Reymonds, dass die Reaktion des ruhenden Muskels mehr zum Alkalischen hinneige, vollkommen zutreffend. — In der Folgezeit hat sich Johannes Ranke[1]) mit der Frage über die Säurebildung im Muskel beschäftigt, und zwar hauptsächlich über die Säurebildung des totenstarren Muskels. Die Methode der Säurebestimmung war, wie er in seinem Werke: „Tetanus“ angiebt, folgende: Die blutfreien, gewogenen Muskeln, welche auf ihre Säuremengen geprüft werden sollten, wurden, nachdem sie totenstarr gemacht worden waren, in einem Porzellanmörser zerrieben, und zwar unter Zusatz einer gemessenen Menge von feinem Quarzsand. Die Säuremenge wurde mit höchst verdünnter Natronlauge in dem dünnen Muskelbrei selbst, der einige Stunden ruhig gestanden hatte, titriert. Als Indikator diente immer die gleiche sehr geringe Menge Lackmustinktur. Der Uebergang von Rot in Blau, welcher als Grenzpunkt des Titrierverfahrens galt, d. h. der Uebergang zur alkalischen Reaktion wurde gleichzeitig noch durch tropfenweise aus der Flüssigkeit herausgenommene Proben auf sehr empfindlichem Curcumapapier kontroliert. Die angewendete Natronlauge war sehr verdünnt: 1 ccm NaOH entsprach 0,011 gr H_2SO_4, und die Säuremenge des Muskels wurde auf Schwefelsäure in Prozenten berechnet, um vergleichbare Werte zu erhalten. Das Resultat war folgendes: „Der Muskel besitzt nach seiner Entfernung aus dem Blutkreislauf ein unveränderliches Säurebildungsmaximum.“ Ferner: „Die Säurebildung im totenstarr werdenden Muskel ist eine Funktion der Zeit: in gleichen Zeiten und unter sonst gleichen Bedingungen bilden die gleichnamigen Muskeln desselben Tieres gleiche Mengen Säure.“

Späterhin wandte man sich der Beantwortung der Frage zu, aus welchen Substanzen die im Muskel vorhandene Milchsäure

1) Tetanus, eine physiologische Studie von Dr. Johannes Ranke. Leipzig 1865. S. 142 ff.

gebildet würde, und ob sie sich von der gewöhnlichen Milchsäure unterschiede. Die nahe Beziehung der Milchsäure zu den Kohlenhydraten brachte es mit sich, dass von jeher die letzteren als die Muttersubstanzen der ersteren angesehen wurden. So wollte Nasse gesehen haben, dass der hohe Säuregrad der Kaninchenmuskulatur mit hohem Glykogengehalt zusammenfällt und dass die glykogenfreien Muskeln hungernder Tiere nicht sauer werden. Zu Gunsten der Annahme, dass die Kohlenhydrate, und zwar in erster Linie das Glykogen als Muttersubstanz der Milchsäure anzusehen sei, wurden manche Erscheinungen im starren Muskel angeführt. Der vermeintliche Schwund der Kohlenhydrate aus dem Muskel während der Starre und das gleichzeitige Auftreten der Milchsäure in demselben sollten im kausalen Zusammenhang zu einander stehen, indem während der Starre das Glykogen sich zu Milchsäure umwandle, weshalb auch die glykogenreichsten Muskeln, wie z. B. die Rückenmuskulatur des Kaninchens, die grösste Menge der Säure bei der Starre liefert. Nun hat aber R. Böhm[1]) gezeigt, dass Starre allein keine Abnahme des Muskelglykogens zur Folge hat, dass ferner, wo sich Prozesse der Fäulnis und Starre kombinieren, der Glykogengehalt zwar merklich abnimmt, ohne indessen völlig zu verschwinden. Er behauptet also, dass beim Fernhalten der Fäulnis (in der Kälte) der Prozess der Starre kein Glykogen konsumiert, auch wenn sich eine Zunahme des Milchsäuregehaltes konstatieren lässt, dass also folgerichtig das Glykogen nicht das Material für die Milchsäure sein kann. Anderer Ansicht ist, wie wir weiter unten sehen werden, Moritz Werther[2]). Letzterer hat in seiner Arbeit zunächst den Beweis geführt, dass im totenstarren wie im thätigen Muskel dieselbe Säure, nämlich Milchsäure, und zwar eine Modifikation der Aethylidenmilchsäure, welche man als Para- oder Fleischmilchsäure bezeichnet, gebildet wird, und somit die Untersuchungen Spiro's[3]) bestätigt, die Ansichten Asta-

---

1) R. Böhm, Ueber das Verhalten des Glykogens und der Milchsäure im Muskelfleisch mit besonderer Berücksichtigung der Totenstarre. — Archiv für die gesamte Physiologie Bd. XXIII. 1880.

2) Moritz Werther, Ueber Milchsäurebildung und Glykogenverbrauch im quergestreiften Muskel. Arch. für Physiologie von Pflüger. Bd. 46. 1890.

3) Spiro, Beiträge zur Physiologie der Milchsäure. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. I, S. 111.

schewsky's[1]) und Warren's[2]) dagegen widerlegt. Moritz Werther behauptet, der oben erwähnten Ansicht Böhm's entgegen, eine Abnahme des Muskelglykogens bei der Totenstarre auch bei absoluter Ausschliessung der Fäulnis und sieht somit das Glykogen als Muttersubstanz der Fleischmilchsäure an. Indessen sprechen die weiteren Angaben R. Böhm's wohl mit Bestimmtheit gegen Werther's Ansicht. Böhm zeigt nämlich, dass die bei der Starre entstehende Milchsäuremenge in gar keinem Verhältnis stehe zu der vorhandenen Glykogenmenge. Das Fleisch einer Hungerkatze, welches im frischen Zustande nur 0,036% Glykogen aufwies, enthielt im starren Zustande 0,56% Milchsäure, genau soviel wie das einer anderen gut gefütterten Katze, in welchem 20 Mal so viel Glykogen, nämlich 0,71% enthalten war. Auf Grund dieser Resultate stellt R. Böhm das Entstehen der Milchsäure im starren Muskel aus Glykogen entschieden in Abrede und hält als wahrscheinliche Quelle für dieselbe die Eiweisskörper, eine Ansicht, die schon 1867 von Hermann ausgesprochen und die auch von Lehmann und Schlossberger vertreten wurde. — Auch O. Nasse[3]) neigt zu der gleichen Ansicht, namentlich da H. Meyer im Blute mit Arsen vergifteter Hunde, womit bedeutender Eiweisszerfall im Organismus verbunden sei, Milchsäure in vermehrter Menge nachgewiesen habe.

In neuester Zeit stellte Marcuse[4]) diesbezügliche Untersuchungen an und gelangte zu der Vorstellung, dass im Muskel ein bisher noch nicht dargestellter, den Hyalogenen vergleichbarer Eiweisskörper existiere, aus dem sich sowohl bei der Thätigkeit wie bei der Totenstarre, sei es direkt oder mit intermediärer Bildung von Traubenzucker, Milchsäure bildet und zweitens, dass bei der Muskelthätigkeit Glykogen zersetzt wird.

In der allerletzten Zeit haben sich Blome[5]) und Lands-

1) Astaschewsky, Ueber die Säurebildung und den Milchsäuregehalt der Muskeln. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. IV, S. 397.

2) Warren, Ueber den Einfluss des Tetanus der Muskeln auf die in ihm enthaltenen Säuren. Pflügers Archiv f. Physiologie. Bd. 24, S. 391 1881.

3) Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskeln. Leipzig 1882. S. 94.

4) W. Marcuse, Ueber die Bildung von Milchsäure bei der Thätigkeit des Muskels und ihr weiteres Schicksal im Organismus. Archiv für Physiologie von Pflüger. Bd. 39. 1886. S. 436.

5) R. Blome, Beiträge zur Chemie des quergestreiften Muskels. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. XXVIII. 1891. S. 113 ff.

berger mit den Fragen über die Milchsäurebildung während verschiedener Zustände der Muskeln beschäftigt. Ersterer kommt in seiner Abhandlung zu dem Schlusse, dass bei der Starre keine Bildung von Säure stattfindet, dass vielmehr der frische Muskel genau die gleiche Menge freier Säure aufweist als der starre. Der Gang seiner Versuche ist kurz folgender: Zunächst bestimmt er an Kaninchen- und Katzenmuskeln den N-Gehalt, und zwar nach der Kjeldahl'schen Methode. Dabei ging er von dem Gedanken aus, dass die Milchsäure im Muskel durch Spaltung eines N-haltigen komplexen Moleküles entstehe und dass man aus der Menge von N auf die Milchsäuremenge schliessen könne. Seinen Angaben nach würde der N-Gehalt, in Prozenten angegeben, zwischen 0,458 und 0,49 schwanken, also innerhalb geringer Grenzen, und zwar sowohl bei frischen wie bei starren Muskeln. Er erwartete also, dass die Säuremenge auch nur höchstens innerhalb dieser Grenzen schwanken werde und dass er für die Milchsäuremenge bei starren und frischen Muskeln dieselben Werte finden würde. Und in der That ergaben seine Milchsäurebestimmungen bei frischen und starren Muskeln die gleichen Werte. Ein Fehler scheint auch nicht untergelaufen zu sein. Indessen sind die Schlüsse, die er aus seinen Versuchen zieht, völlig haltlos. Zunächst untersucht Blome zwei Arten von Muskeln, aber nicht wie er sagt, frische und starre. Wenigstens sind die ersteren nicht mehr im physiologischen Sinne frisch; denn gehacktes Fleisch ist gereizt und totenstarr, da jede mit einer gewissen Plötzlichkeit erfolgende mechanische Läsion erregend wirkt und Zuckungen hervorruft. Blome hat also gereizte und starre Muskeln untersucht, und von diesen Zuständen der Muskeln ist längst bekannt, dass sie Säure produzieren; dass aber die Säurewerte in der ganzen Versuchsreihe sich gleich bleiben, ist Zufall; jeden falls ist der Schluss, dass frische Muskeln genau die gleiche Menge freier Säure aufweisen wie starre, haltlos. Ebenso ist sein weiterer Schluss, dass chemische Vorgänge und Veränderungen bei der Totenstarre, abgesehen von der Myosingerinnung, wohl überhaupt in erheblichem Masse nicht stattzufinden brauchen, nicht begründet.

Die letzte Arbeit war die von Landsberger[1]), welche im

1) R. Landsberger, Ueber den Nachweis der sauren Reaktion des Muskels mit Hülfe von Phenolphtalein. Pflüger's Arch. f. Physiologie. Bd. L., S. 339 ff.

Sommer 1890 im hiesigen physiologischen Institut ausgeführt wurde. Landsberger fand, dass die Muskeln unter gleichen Verhältnissen und in gleichen Zeiten die gleiche Menge Säure produzieren. Zweitens: Die Säuremenge, die der Muskel von dem Augenblick an, wo er dem Körper entnommen ist, bis zu seiner Fäulnis bildet, scheint eine ganz bestimmte zu sein. Drittens: Diese Säuremenge wird schneller produziert, wenn der Muskel in einer schwach alkalischen Flüssigkeit liegt, sodass das Säuremaximum schon vor dem Eintritt der Fäulnis erreicht ist. Viertens: Kochsalzlösung (Durchspülungsversuch) spült aus dem Muskel Stoffe aus, welche nachträglich sauer werden. Es sei hiernach anzunehmen, dass auch das Blut solche Stoffe ausspüle. Es könnte aber wohl sein, dass im lebenden ruhenden Muskel immer etwas Säure gebildet und durch das Blut fortgeschwemmt werde. Dass dies im thätigen Muskel geschieht, ist unzweifelhaft; kann die gebildete Säure nicht vollständig fortgespült werden, so wird der Muskel selbst sauer.

An die letzterwähnte Arbeit knüpfen die in Folgendem mitzuteilenden Versuche an. Ich bin bei denselben darauf ausgegangen, über einige Punkte, welche in der Arbeit von Landsberger nicht berührt oder unentschieden geblieben sind, Aufklärung zu gewinnen.

Zunächst kam es mir darauf an, die Frage, ob im lebenden ruhenden Muskel sauer reagierende Substanzen in nachweisbarer Menge vorhanden seien oder nicht, zu erledigen. Die Versuche, mit Froschmuskulatur angestellt, waren zum Teil eine Wiederholung der Versuche Du Bois-Reymond's, die derselbe an Querschnitten und Längsschnitten gemacht, zum Teil waren es neue Versuche. Ehe ich jedoch die diesbezüglichen Untersuchungen selbst anführe, will ich bemerken, dass ich die Bestimmung des Säuregrades durch Titration vornahm. Als Indikator benutzte ich Phenolphtalein (1 gr in 600 ccm über Kalk destillierten 96°/$_0$ Alkohols + 400 ccm destillierten Wassers aufgelöst). Zur Neutralisierung der sauer reagierenden Substanzen diente mir $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge. An Stelle des Lackmuspapiers benutzte ich jedes Mal frisch bereitetes Phenolphtaleinpapier. Es war mir von Bedeutung, den Muskel womöglich in einem Zustande zu untersuchen, der demjenigen im Leben während der Ruhe möglichst genau entspricht. Nachdem ich nach Dekapitation eines Frosches die Haut vom Ober- und Unterschenkel so schnell als thunlich

abpräpariert hatte, legte ich den Muskel mit dem Knochen, um ihn durch das Abschneiden mit der Schere nicht zu reizen, in 0,6% Kochsalzlösung, fügte einige Tropfen Phenolphtaleinlösung hinzu und titrierte mit $^1/_{10}$ Natronlauge bis zur Rotfärbung. 1 Tropfen Natronlauge (etwa gleich 0,05 ccm, entsprechend 0,00045 gr Milchsäure) genügte, um eine intensive Rotfärbung hervorzurufen. Ein solcher Versuch bewies indessen noch nichts und liess den Schluss, dass im ruhenden frischen Muskel so gut wie gar keine Säure vorhanden sei, nicht zu; denn es ist ja nur der Säuregehalt der den Muskel umgebenden Kochsalzlösung bestimmt worden, ohne dass man hierbei auch nur den geringsten Aufschluss darüber erhalten hätte, wie sich der Muskel in seinem Inneren bezüglich seiner Reaktion verhält. Um nun den Muskel auch in seinem Inneren auf den Säuregehalt prüfen zu können, musste derselbe zerschnitten oder zerrieben werden; da dies jedoch Manipulationen sind, die den Muskel stets in hohem Grade reizen und deshalb sauer machen, suchte ich den frischen Muskel in einem dem ruhenden entsprechenden Zustande zu fixieren, und zwar dadurch, dass ich ihn in siedendes Wasser warf. Ich legte daher die Muskulatur der hinteren Extremität eines mittelgrossen Frosches, nachdem ich die Haut abpräpariert, den Knochen mit wenigen Scherenschnitten losgetrennt und den Muskel gewogen hatte, auf 15 Minuten in siedendes Wasser. Die Loslösung vom Knochen musste ich deshalb vornehmen, weil ich vermeiden wollte, dass durch das siedende Wasser etwa aus Periost und Knochen saure Substanzen mit extrahiert würden, welche die Säurebestimmung im Muskel beeinflussen mussten. Nachdem der Muskel 15 Minuten der Siedehitze ausgesetzt und dadurch in seinem Zustande fixiert war, wurde er in einer Reibschale völlig zerrieben, was leicht ausführbar war. Sodann fügte ich einige Tropfen Phenolphtaleinlösung hinzu und titrierte mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge bis zur Rotfärbung. Dabei verbrauchte ich 1,3 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge. Da nun der Muskel (Ober- und Unterschenkelmuskulatur eines Frosches) 3 gr wog, so hätte 1 gr Muskel 1,3 : 3 = 0,433 ccm Natronlauge gebraucht; 1 ccm der $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge entspricht aber 0,009 gr Milchsäure; es hätte mithin 1 gr Muskel, wenn wir die saure Reaktion allein auf Milchsäure beziehen, 0,433 × 0,009 = 0,00389 gr Milchsäure produziert oder 100 gr Muskel 0,389 gr Milchsäure, also eine gut messbare Menge. Würde eine gleiche Menge Säure wie bei dem

ersten Versuch gefunden worden sein oder eine nur um ein geringes grössere, so hätte man deren Auftreten auf die unvermeidliche Reizung bei der Lostrennung des Muskels zurückführen dürfen und wäre wohl zu dem Schlusse berechtigt gewesen, dass im ruhenden Muskel keine sauer reagierenden Substanzen vorhanden seien Da aber ein solch' in siedendem Wasser fixierter Muskel eine ziemlich erhebliche Säuremenge zeigt, so muss man annehmen, dass entweder das Erhitzen in siedendem Wasser die Säurebildung im Muskel befördert, also ähnlich wirkt wie die Thätigkeit des Muskels, die Starre und elektrische Reizung, oder dass im frischen ruhenden Muskel immer etwas Säure gebildet wird. Im letzteren Falle wäre weiter anzunehmen, dass die in jedem Zeitabschnitt in einem Muskel des lebenden Körpers gebildete Säure sogleich durch das alkalische Blut neutralisiert und fortgeschwemmt wird.

Die folgenden Versuche stellte ich an Querschnitten von Froschmuskeln an und benutzte dabei sowohl Lackmuspapier wie stets frisch bereitetes Phenolphtaleinpapier. Das letztere habe ich in folgender Weise hergestellt: Farbloses Phenolphtaleinpapier, indem ich feines Fliesspapier durch eine 60 % säurefreie alkoholische Lösung, welche 1 ‰ Phenolphtalein enthielt, hindurchzog, und schwach rot gefärbtes Phenolphtaleinpapier, indem ich das Fliesspapier in eine mit Alkali eben rot gefärbte alkoholische Phenolphtaleinlösung tauchte. Bei letzterem Verfahren hielt das Fliesspapier den in der alkalischen Flüssigkeit gelösten Farbstoff sehr schlecht zurück und schon während des Trocknens verschwand die Rötung vollständig, wahrscheinlich infolge des CO_2-Gehaltes der Luft. Besser haftete der Farbstoff, wenn in farblose, d. h. neutrale Phenolphtaleinlösung getauchte und getrocknete Papierstreifen durch eine äusserst schwach alkalische Flüssigkeit gezogen wurden. Du Bois-Reymond's Versuche zeigen, dass der frische ruhende Muskel auf Lackmuspapier neutral bis alkalisch reagiert, und in der That findet man, wenn man diese Versuche wiederholt, seine Angaben völlig bestätigt. Wenn man aber an Stelle des Lackmuspapiers frisch bereitetes Phenolphtaleinpapier anwendet, so erhält man andere Resultate. Nach Dekapitation eines mittelgrossen Frosches und Abpräparieren der Haut vom Ober- und Unterschenkel betupfte ich das noch feuchte Phenolphtaleinpapier mit einer Querschnittfläche der Ober- und Unter-

schenkelmuskulatur, und dabei zeigte es sich, dass dieser Muskelquerschnitt das weisse Phenolphtaleinpapier unverändert liess, während er das rote sichtlich entfärbte, also sauer sein musste, eine Reaktion, die, mit Lackmus wiederholt, selbst dann noch nicht zu sehen war, wenn der Muskel kurze Zeit an der Luft gelegen hatte. Trotzdem beweisen meine Versuche nicht zwingend, dass der ruhende lebende Muskel sauer reagierende Substanzen enthält, sie machen es nur wahrscheinlicher, wie wir es schon bei den zwei ersten Versuchen sahen. Denn streng genommen ist ja der oben untersuchte Muskel garnicht im ruhenden Zustande gewesen. Man beachte nur, wie sehr ein Frosch sich anstrengt zu entwischen, wenn man ihn aus dem Behälter herausnimmt, um ihn zum Versuche vorzubereiten! Es kommt dabei zu einem Kraftaufwand und einer Spannung der Muskeln, die er sonst selten genötigt ist zu machen; abgesehen davon wird der Muskel durch die Dekapitation in Mitleidenschaft gezogen. — Trennt man nach Dekapitation eines Frosches dessen hintere Extremität vom Rumpfe los, ohne die Haut abzupräparieren und wirft Ober- und Unterschenkel in siedendes Wasser, so findet man, dass auch ein solch' fixierter Muskel auf dem Querschnitt saure Reaktion bei Anwendung von Phenolphtaleinpapier zeigt. Indessen auch ein so behandelter Muskel lässt nur mit Wahrscheinlichkeit vermuten, dass der ruhende Muskel eine Spur von Säure enthält. Der letzte Querschnittversuch wäre mit denen, die Du Bois-Reymond angestellt hat, zu vergleichen. — Du Bois-Reymond hat, wie schon in der Einleitung dieser Arbeit erwähnt ist, 6 Muskelportionen 5 Minuten lang in Wasser von beziehentlich 45, 50, 55, 60, 75 und 100 Grad getaucht. Muskel A reagierte entschieden sauer, B und C reagierten unzweifelhaft mehr neutral, D reagierte durchaus neutral, E neigte zum Alkalischen und F zeigte auf Lackmuspapier deutlisch alkalische Reaktion. Er sagte also, dass Froschmuskeln, die der Siedehitze ausgesetzt waren, nie sauer werden. Und in der That ist dies der Fall, wenn man mit Lackmuspapier auf Säure prüft. Phenolphtaleinpapier zeigt auch bei so behandelten Muskeln saure Reaktion, wie wir schon oben gesehen haben.

Die weiteren Versuche stellte ich an, um der Frage, welchen Einfluss gewisse Faktoren, vor allem höhere Temperaturen auf die Entwicklung der sauren Reaktion im absterbenden Muskel

haben, näher zu treten; ich hoffte hiermit zugleich auch zu einigen Schlüssen über die Muttersubstanz der Muskelsäure zu gelangen. Ich ging dabei von folgenden Erwägungen aus. Jeder Muskel enthält, abgesehen von sauer reagierenden primären Alkaliphosphaten, eine gewisse Menge einer Substanz, aus welcher sich eine Säure, und zwar Milchsäure, abspalten kann. Es kam nun darauf an, zu beobachten, ob nach einer gewissen Zeit z. B. ein in 45grädiges und ein in 100grädiges Wasser geworfener Muskel, ferner ein frischer und ein starrer in Summa ganz die gleiche Menge Säure produzieren würden, wenngleich in ihnen anfangs infolge der verschiedenen Zustände, in denen sich die einzelnen Muskeln befanden, nicht gleich viel Säure enthalten sein mochte. Ehe ich die diesbezüglichen Versuche anführe, will ich erwähnen, dass ich die Säurebestimmung, wie bei den ersten Versuchen, durch Titration mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge vornahm, und dass die Säurebildung während eines Zeitraumes von mehreren Wochen verfolgt und quantativ ausgewertet wurde. Es musste hierbei, wie schon oben erwähnt, die Anzahl der zur Neutralisation verbrauchten Kubikzentimeter Natronlauge, wenn die Resultate auf Milchsäure bezogen werden sollten, mit 0,009 multipliziert werden, da 1 ccm der $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge 0,009 gr Milchsäure entspricht. Ich nahm von den beiden hinteren Extremitäten eines Frosches die Muskulatur und teilte sie in 2 Portionen, von denen die eine in 45grädiges, die andere in 100grädiges Wasser geworfen wurde und daselbst 5 Minuten verblieb. Sodann wurden beide Portionen besonders mit Phenolphtalein versetzt und bis zur Rotfärbung titriert, um die in der den Muskel umgebenden Flüssigkeit befindliche Säure fortzuschaffen. Die erste im Wasser von 45 Grad liegende Portion brauchte, auf 1 gr Muskel bezogen, 0,333 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge (0,0029 gr Milchsäure), die andere Portion dagegen 0,384 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge auf dieselbe Muskelmenge. Sodann wurden beide Portionen zerrieben, wodurch die Säure aus dem Muskel austrat, und jetzt ergab die Titration: die erste Portion brauchte auf 1 gr Muskel 0,96 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge, während die zweite Portion 0,461 ccm derselben Lauge bedurfte. Addiert man die vor und nach dem Zerreiben für jede Portion zur Neutralisation der Säure notwendige Menge von Natronlauge, so brauchte die erste Portion auf 1 gr Muskel bezogen 1,299 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge (= 0,0117 gr Milch-

säure) und die zweite Portion 0,854 ccm $^{1}/_{10}$ Normal-Natronlauge (= 0,0076 gr Milchsäure). Daraus ist also eine Begünstigung der Säurebildung in dem auf 45 Grad erwärmten Muskel ersichtlich. Verfolgt man nun die beiden zerriebenen Portionen noch weiter bezüglich ihrer Säurebildung, so findet man, dass noch recht lange — 3—4 Wochen lang, wenn die Zimmertemperatur die Fäulnis nicht befördert — von den zerriebenen Muskeln Säure produziert wird. Zu bemerken ist, dass die Versuche im Winter angestellt wurden. Die Muskeln waren während der Nacht meist einer Temperatur von 0° und darunter ausgesetzt, am Tage herrschte in dem Zimmer, in welchem die Versuche angestellt wurden, eine Temperatur von 10—12°, und zwar auch nur kurze Zeit, ein Umstand, durch den die Fäulnis auf ein Minimum herabgesetzt wurde. Zweifellos aber geben nicht allein die ganz klein zerriebenen Muskelelemente nach und nach während der ganzen Versuchszeit die Säure ab, vielmehr sind gleich im Beginn des Versuches durch die Erwärmung und Zerreibung des Muskels aus demselben Stoffe in die ihn umgebende Flüssigkeit übergegangen, die in dieser allmählig mehr und mehr Säure abspalten. Aus der weiter unten befindlichen Tabelle ist ferner ersichtlich, wie sich im Laufe der Zeit die Säurebildung des in 100° warmes Wasser geworfenen Muskels erhöht, und wenn dieser auch bezüglich des Säurequantums in den ersten beiden Wochen hinter dem mit 45 Grad warmen Wasser behandelten Muskels zurücksteht, so findet man, dass nach 4 Wochen beide Portionen gleiche Mengen von $^{1}/_{10}$ Normal-Natronlauge zur Neutralisation gebraucht haben. Bevor ich die Tabelle, aus welcher die oben erwähnten Resultate ersichtlich sind, anführe, muss ich erwähnen, dass ich während der Beobachtungsdauer es versäumte, von Zeit zu Zeit frisches Phenolphtalein hinzuzufügen. Ich holte es aber, als ich die Versuche abschloss, am Ende nach und fand, dass ich bei beiden Versuchen im Laufe der Wochen zu viel Natronlauge zugesetzt hatte; denn die nur schwach rot gefärbte den Muskel umgebende Flüssigkeit färbte sich bei Zusatz von einigen Tropfen Phenolphtaleinlösung intensiv rot. Es musste sich also das im Beginn der Versuche hinzugefügte Phenolphtalein allmählich zersetzt haben. Da diese intensive Rotfärbung auch an den folgenden Tagen sich gleich blieb, so konnte ich annehmen, dass die Säurebildung aufgehört habe, und deshalb titrierte ich mit $^{1}/_{10}$ Normal-Salzsäure bis zur

Entfärbung zurück. Zog ich die zur Entfärbung gebrauchten ccm Salzsäure, gleichfalls auf 1 gr Muskel bezogen, von den im Laufe der ganzen Beobachtungszeit gebrauchten ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge ab, so ergab sich für beide Versuche, wie oben erwähnt, ein gleicher Verbrauch an $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge.

Tabelle I.

	3 gr Froschmuskeln 5 Minuten in Wasser von 45° erwärmt	2,6 gr Froschmuskeln 5 Minuten in Wasser von 100° erhitzt
	1 gr Muskel erforderte zur Neutralisation	
Vor dem Zerreiben	0,333 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH	0,384 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH
Nach dem Zerreiben	0,966 ccm „ „ „	0,461 ccm „ „ „
Summa	1,299 ccm „ „ „ 0,01169 gr Milchsäure entsprechend.	0,845 ccm „ „ „ 0,007605 gr Milchsäure entsprechend.
I. Woche	4,6 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH	1,73 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH
II. Woche	8,96 ccm „ „ „	5,74 ccm „ „ „
III. Woche	5,66 ccm „ „ „	7,19 ccm „ „ „
IV. Woche	4,33 ccm „ „ „	5,76 ccm „ „ „
Summa	23,55 ccm „ „ „	20,42 ccm „ „ „
Zurücktitration	5,06 ccm $^1/_{10}$ Norm. HCL	2,03 ccm $^1/_{10}$ Norm. HCL
	18,49 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH 0,16641 gr Milchsäure entsprechend[1].	18,39 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH 0,16551 gr Milchsäure entsprechend[1].

Zu gleichen Resultaten, wie bei diesen zwei eben angeführten Versuchen, kam ich, als ich einen totenstaren Muskel und einen, bei dem die Totenstarre bereits gelöst war, auf ihre Säurebildung untersuchte. Aus der folgenden Tabelle ist dies ersichtlich.

1) Die Menge der verbrauchten $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge ist auf Fleischmilchsäure umgerechnet worden. Damit soll keineswegs angedeutet sein, dass das Alkali nur freie Milchsäure und vielleicht noch irgendwelche andere Säuren neutralisiert habe. Ein Teil des NaOH entfällt auf sauer reagierende Salze. Inwieweit die atmosphärische CO_2, welche von den untersuchten Muskelportionen nicht fern gehalten wurde, die Bildung primärer Phosphate begünstigt habe, lässt sich nicht sagen.

Tabelle II.

	4,5 gr totenstarre Froschmuskeln in destilliertes Wasser gebracht und titriert	3,25 gr Froschmuskeln, deren Starre bereits gelöst war, in destill. Wasser gebracht und titriert
	1 gr Muskel erforderte zur Neutralisation	
I. Woche	4,613 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH	3,623 ccm $^1/_{10}$ Norm. NaOH
II. Woche	3,133 ccm „ „ „	3,200 ccm „ „ „
III. Woche	7,311 ccm „ „ „	8,338 ccm „ „ „
Summa	15,057 ccm „ „ „ 0,135513 gr Milchsäure entsprechend.	15,161 ccm „ „ „ 0,136449 gr Milchsäure entsprechend.

Diese 4 Versuche würden also in der That dafür sprechen, dass der Muskel, wenn er längere Zeit sich selbst überlassen bleibt, ohne dass irgendwelche Einflüsse die Säureproduktion hemmen, immer nahezu die gleiche Menge Säure produziert. Was die Quantität der gefundenen Säure betrifft, so erscheint dieselbe im Vergleich zu den von anderer Seite angegebenen Befunden und zu meinen späteren, im Folgenden aufgeführten Resultaten ungewöhnlich hoch. Wie lassen sich nun diese hohen Säurewerte deuten? — Da die Säure selbst weder isoliert noch qualitativ geprüft wurde, so soll durchaus nicht behauptet werden, dass sich lediglich Fleischmilchsäure gebildet habe. Wir wissen, dass der totenstarre Muskel Fleischmilchsäure enthält; ob aber neben dieser bei wochenlangem Aufbewahren des Muskels unter den oben erwähnten Bedingungen nicht auch andere Säuren entstehen, darüber liegen bisher keine Beobachtungen vor. Es wäre denkbar, dass ein Teil der in Wasser gelösten oder suspendierten und durch Kälte vor Fäulnis bewahrten Eiweisskörper des Muskels unter der andauernden Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs sich spaltet und dass aus den stickstofffreien Spaltungsprodukten gewisse Fettsäuren hervorgehen. Für die Fleischmilchsäure ist man geneigt das Glykogen als Muttersubstanz anzusehen. Nun genügt aber der Glykogengehalt des frischen Muskels durchaus nicht, um die gesamte vom toten Muskel produzierte Säuremenge — sei dies nun Fleischmilchsäure allein oder noch andere Säuren — zu decken. Es müssen daher neben dem Glykogen noch andere Muskelbestandteile zur Säurebildung beitragen, und in dieser Beziehung kommen nur die Eiweisskörper in Betracht. Ob deren

freiwilliger, durch Fäulnis nicht gestörter Zerfall in der That Fleischmilchsäure oder irgendwelche andere Fettsäuren entstehen lässt, habe ich selbst experimentell nicht weiter prüfen können; diese Frage wird demnächst von anderer Seite in Angriff genommen werden.

Weiterhin stellte ich eine Reihe von neuen Versuchen mit einzelnen Froschmuskelportionen an, wobei ich von Zeit zu Zeit Phenolphataleinlösung hinzufügte, um möglichst scharfe Reaktionen, d. h. einen deutlich sichtbaren Uebergang der sauren Reaktion in alkalische zu erzielen. Die 12 verschiedenen gewogenen Muskelportionen wurden folgendermassen behandelt:

Frische Muskeln.

I. In Wasser von 100° geworfen und sofort titriert.

II. In Wasser von 47° geworfen und nach 10 Minuten titriert.

III. In Wasser von 100° geworfen und, nachdem sich dasselbe auf 95° abgekühlt hatte, titriert.

IV. In Wasser von 33°
V. In Wasser von 66°
VI. In Wasser von 100°
} geworfen und nach 5 Minuten titriert.

VII. In Wasser von 45° geworfen, bis 56° erwärmt und titriert.

VIII. In Wasser von Zimmertemperatur geworfen und sofort titriert.

XI. In Wasser von 50° geworfen und bis zum starken Kochen erhitzt, sodann titriert.

Starre Muskeln.

X. In Wasser von Zimmertemperatur geworfen und am nächsten Tage titriert.

XI. In Wasser von 100° geworfen und nach 5 Minuten titriert.

XII. In siedendes Wasser geworfen und nach 5 Minuten titriert.

Alle diese zwölf Portionen blieben sodann während eines Zeitraumes von 3 Wochen den Tag über bei Temperaturen von 8—16°, des Nachts bei Temperaturen um 0° sich selbst überlassen und wurden täglich titriert. Das Endresultat bezüglich der Säuremenge war ein ganz verschiedenes, ebenso schwankten die Säuremengen der einzelnen Portionen während der einzelnen Wochen ganz erheblich. Störend wirkte hierbei ganz entschieden die zeitweise ziemlich hohe Lufttemperatur, sofern sie die Fäulnis beför-

derte, die bei den ersten Versuchen durch die dauernd niedrige Temperatur auf ein Minimum herabgesetzt war. Dieser Umstand veranlasste mich, neue Versuche anzustellen und dabei womöglich die Fäulnis der Muskeln zu verhindern oder zu beschränken. Dies suchte ich dadurch zu erreichen, dass ich die einzelnen Muskelportionen in 0,3°/₀ Chinolintartratlösung legte. Diese Lösung wurde auf verschiedene Temperaturen erwärmt. — Ferner wurde eine Muskelportion in Alkohol gelegt. — Ich wandte bei meinen Versuchen Froschmuskeln an, um alle Muskelportionen unter gleichen Bedingungen, d. h. in möglichst frischem Zustande zu untersuchen, was bei Kaninchenmuskulatur streng genommen nicht gut möglich ist, da, wenn nach der Tötung des Tieres eine grössere Anzahl von Muskelportionen herausgeschnitten werden, die zuletzt zur Untersuchung kommenden selbst bei sehr raschem Arbeiten schon zu lange an der Luft gelegen haben, um den ersten gegenüber als unverändert gelten zu können. Die Beobachtungsdauer betrug 17 Tage. Am dritten Tage wurden die Muskeln unter der Flüssigkeit mit Hilfe einer Schere klein geschnitten, um einen völligeren Uebertritt der Säure aus denselben in die den Muskel umgebende Flüssigkeit zu erreichen. Die erste Portion war in 20 ccm kalter 0,3°/₀ Chinolintartratlösung, welch' letztere zur Neutralisation 2,5 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge brauchte, gelegt worden, die zweite Portion in 45° warmes Chinolin (20 ccm), die dritte Portion in säurefreien Alkohol, die vierte Portion in 20 ccm auf 100° erhitzter Chinolinlösung, die fünfte in 20 ccm kochender Chinolinlösung. Nach 17 Tagen hatte der in kaltes Chinolin gelegte Muskel, wenn die gesamte bei den fortlaufenden Titrationen verbrauchte Natronlauge allein auf Milchsäure angerechnet wird, 2,61 gr Milchsäure (auf 100 gr Muskel bezogen) gebildet, der in 45° warmes Chinolin gelegte 2,41 gr Milchsäure, der in Alkohol 1,74 gr Milchsäure, der in 100° warmes Chinolin gelegte 0,85 gr und der in Chinolin gekochte 2,129 gr Milchsäure. Die Säurebildung war nach Verlauf dieser 17 Tage noch nicht abgeschlossen; ich hielt es aber nicht für geboten, dieselbe noch weiter zu verfolgen, in der Meinung, dass sich in diesem Falle die beträchtlichen Differenzen der Milchsäuremengen der einzelnen Muskelportionen doch nicht ausgleichen würden. Ich musste mir nun sagen, dass die verschiedenen Flüssigkeiten, welche die einzelnen Muskelportionen umgaben, im Verein mit der Temperatur

von wesentlichem Einfluss auf die Säureentwicklung sein mussten, und gerade diese Unterschiede in der Säurebildung bei den einzelnen Muskelportionen veranlassten mich nun genauer die Bedingungen zu studieren, unter welchen die Säurebildung des frischen Muskels erhöht und unter welchen sie herabgedrückt wird. Ausserdem wurde ich durch die zuvor gefundenen Resultate bestimmt, frische und starr werdene Muskeln in dieser Hinsicht mit einander zu vergleichen. Ich behandelte deshalb verschiedene Muskelportionen in derselben Weise, wie die zuletzt erwähnten, indem ich sie verschiedenen Temperaturen auf eine bestimmte Zeit aussetzte und indem ich sie in verschiedene Flüssigkeiten legte, wie Chinolin, Alkohol und destilliertes Wasser. — Aus der genaueren Beobachtung der Säurebildung der Muskeln, aus der Erkenntnis der Bedingungen, unter welchen dieselbe befördert oder verhindert wird, ferner aus dem Vergleich frischer Muskeln mit starren bezüglich der Säureproduktion bei gleicher Behandlungsweise glaubte ich auf das chemische Verhalten der Muttersubstanz der Milchsäure und so auf die erstere selbst schliessen zu können.

Zunächst beobachtete ich die Säurebildung an Muskeln eines Kaninchens, welche 2 Stunden an der Luft nach dem Tode des Tieres gelegen hatten. Sodann nahm ich frische Muskeln. Die Muskelportionen wurden aus den hinteren Extremitäten eines Kaninchens herausgeschnitten. Behandelt wurden die Muskeln beider Gruppen in folgender Weise. Eine Muskelportion von bestimmtem Gewicht legte ich in kalte, die weiteren Portionen in 45°, 70° warme und kochende Chinolinlösung. Ausserdem wurde eine Portion in Alkohol gelegt. Da die Chinolinlösung sauer war, so wurde kurz vor den Versuchen bestimmt, wieviel $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge zu ihrer Neutralisation erforderlich war. Die Kubikzentimeter der dazu verbrauchten Natronlauge mussten abgezogen werden von denjenigen, die zur Neutralisation der Muskelsäure erforderlich waren. Um einen besseren Uebertritt der Milchsäure in die den Muskel umgebende Flüssigkeit zu bewerkstelligen, schnitt ich diese Muskeln ebenfalls an einem der folgenden Tage mit der Schere unter der Flüssigkeit möglichst klein. Beobachtet wurde die Säurebildung während einer Zeit von 6 Tagen. Tabelle III und IV giebt in Kubikzentimetern die verbrauchte Menge von $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge an, und zwar bezogen auf 10 gr Muskulatur.

Tabelle III.

Kaninchenmuskeln der hinteren Extremität 2 Stunden nach dem Tode des Tieres entnommen. Auf Lackmuspapier deutlich sauer.

Tag	10 gr Muskel in 20 ccm kalter Chinolinlösung	10 gr Muskel in Alkohol	10 gr Muskel, 10 Minuten in Chinolinlösung (20 ccm) auf 45° erwärmt	10 gr Muskel, 10 Minuten in Chinolinlösung (20 ccm) auf 70° erwärmt	10 gr Muskel in 20 ccm Chinolinlösung gekocht
1.	2,5+0,075 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH zerschnitten	1,025 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH zerschnitten	2,5 + 2,0 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH zerschnitten	2,5 + 3,2 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH zerschnitten	2,5 + 3,5 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH zerschnitten
2.	8,8 ccm „ „	8,3 ccm „ „	8,2 ccm „ „	5,6 ccm „ „	4,4 ccm „ „
3.	2,4 „ „ „	4,8 „ „ „	2,6 „ „ „	0,9 „ „ „	1,8 „ „ „
4.	6,4 „ „ „	8,5 „ „ „	6,4 „ „ „	4,6 „ „ „	4,4 „ „ „
5.	alkalisch	alkalisch	alkalisch	alkalisch	alkalisch
6.	alkalisch	alkalisch	0,8 ccm „ „	alkalisch	alkalisch
Summa	17,67 ccm „ „ = 1,59 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	22,62 ccm „ „ = 2,03 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	20,0 ccm „ „ = 1,8 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	14,3 ccm „ „ = 1,28 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	14,1 ccm „ „ = 1,26 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel

Tabelle IV.

Frische Kaninchenmuskeln.

Tag					
1.	2,5+0,242 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	2,38 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	2,5+0,181 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	2,5+1,282 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	2,3 ccm bewirken Rötung, während doch die Chinolinl. allein schon 2,5 ccm erforderte.
2.	4,371 ccm „ „	3,58 ccm „ „	5,090 „ „ „	2,051 „ „ „	1,937 ccm nach Abzug v. 0,2 ccm, die z. Neutralis. der Chinolinl. noch fehlten.
3.	2,000 „ „ „ zerschnitten 2,000 ccm „ „	1,64 „ „ „ zerschnitten 3,581 „ „ „	1,8 „ „ „ zerschnitten 2,54 ccm „ „	1,02 „ „ „ zerschnitten 1,53 ccm „ „	1,55 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH zerschnitten alkalisch
4.	2,44 „ „ „	2,98 „ „ „	3,63 „ „ „	1,79 „ „ „	alkalisch
5.	0,571 „ „ „	1,791 „ „ „	alkalisch	alkalisch	2,71 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
6.	0,657 „ „ „	1,044 „ „ „	1.09 ccm „ „	alkalisch	0,678 „ „ „
Summa	12,281 „ „ „ = 1,10 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	16,996 „ „ „ = 1,5 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	14,331 „ „ „ = 1,29 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	7,673 ccm „ „ = 0,69 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	6,875 „ „ „ = 0,61 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel

Vergleicht man die an den einzelnen Tagen gebildeten Säuremengen, so ergeben sich da ganz verschiedene Mengen, aus denen jedoch weitere Schlüsse auf den Verlauf der Säurebildung nicht gezogen werden können. Wie aus Tabelle III ersichtlich, fand ich nach 6 Tagen folgende Resultate: Die grösste gebildete Säuremenge zeigte der in Alkohol befindliche Muskel, 100 gr Muskel hatten nämlich 2,03 gr Milchsäure gebildet; dann folgte der in 45° warme Chinolinlösung gelegte mit 1,8 gr Milchsäure, dann der in kalter Chinolinlösung befindliche mit 1,59 gr, dann der in 70° warme Chinolinlösung gelegte mit 1,28 gr und schliesslich der in Chinolin gekochte mit 1,26 gr Säure. Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass Erhitzen über 45° die Spaltung der Muttersubstanz der Milchsäure, nachdem dieselbe spontan infolge des Liegens der Muskulatur an der Luft begonnen hat, beeinträchtigt, und zwar in zunehmender Weise mit zunehmendem Erwärmungsgrade.

Die beiden ersten Kolonnen der Tabelle III mit den Muskelportionen in kaltem Chinolin und in Alkohol scheinen ferner zu zeigen, dass der Spaltungsvorgang bei der Milchsäurebildung in saurer Lösung nicht in der gleich schnellen Weise vor sich geht wie in neutraler, wenn man nicht etwa annehmen will, dass Chinolinlösung und Alkohol auf den chemischen Vorgang einen verschiedenartigen Einfluss ausüben. Landsberger hat in seiner Arbeit gezeigt, dass in alkalischer Flüssigkeit die Säurebildung schneller vor sich geht als in neutraler. Auch aus meinen Versuchen geht dies hervor; in saurer Flüssigkeit ist die Säurebildung entschieden gehemmt.

Anders als die Muskeln der Tabelle III verhalten sich diejenigen der Tabelle IV, die unmittelbar nach dem Tode des betreffenden Tieres zur Untersuchung kamen. Die Addition sämmtlicher während der 6 Beobachtungstage verbrauchten Kubikzentimeter $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge ergaben auf Milchsäure bezogen folgendes Resultat: Am meisten Säure hatte der in Alkohol befindliche Muskel abgegeben, nämlich auf 100 gr frischen Muskel 1,5 gr; dann folgte der in 45° warme Chinolinlösung gelegte mit 1,29 gr Säure, dann der in kalte Chinolinlösung gelegte mit 1,10 gr, dann der in 70° warme Chinolinlösung mit 0,69 gr und schliesslich der in Chinolin ge-

kochte mit 0,61 gr Säure. Vergleicht man die Endresultate von Tabelle III und Tabelle IV, so sieht man, dass nach 6 Tagen die Muskeln der ersten Tabelle, bei denen die Säurebildung, als sie zur Untersuchung kamen, bereits eingeleitet war, sämtlich mehr Säure abgegeben haben, als die Muskeln der Tabelle IV. Der Unterschied in der Säuremenge ist bei allen gleichbehandelten Muskeln der ersten und zweiten Tabelle ein fast gleicher; die Muskeln der ersten Tabelle hatten eben während der 2 Stunden, die sie der Luft ausgesetzt gewesen waren, ein bestimmtes Säurequantum schon gebildet, ehe sie in die betreffenden Flüssigkeiten gelegt wurden, und dieses musste dann beim Endresultat ein Plus an gebildeter Säure gegenüber der Tabelle IV ausmachen. Eine Zusammenstellung weiter unten zeigt, wie die Säuremengen der gleich behandelten Muskeln von Tabelle III und IV differieren, und zwar auf 100 gr Muskel bezogen.

1) Muskeln im kalten Chinolin.
Tabelle III 1,59 gr Milchsäure
Tabelle IV 1,10 gr „
0,49 gr Differenz.

2) Muskeln im Alkohol.
Tabelle III 2,03 gr Milchsäure
Tabelle IV 1,50 gr „
0,53 gr Differenz.

3) Muskeln in 45° warmer Chinolinlösung.
Tabelle III 1,80 gr Milchsäure
Tabelle IV 1,29 gr „
0,51 gr Differenz.

4) Muskeln in 70° warmer Chinolinlösung.
Tabelle III 1,28 gr Milchsäure
Tabelle IV 0,69 gr „
0,59 gr Differenz.

5) Muskeln in Chinolin gekocht.
Tabelle III 1,26 gr Milchsäure
Tabelle IV 0,61 gr „
0,65 gr Differenz.

Im Durchschnitt haben also die Muskeln der ersten Tabelle

in 6 Tagen 0,554 gr Milchsäure mehr gebildet, als die gleich behandelten Muskeln der Tabelle IV.

Im Anschluss an den Durchspülungsversuch von Landsberger habe ich gleichfalls einen solchen Versuch angestellt. Ich will, bevor ich auf die dabei gefundenen Resultate eingehe, kurz die Art und Weise, wie der Versuch angestellt wurde, anführen. Einem Kaninchen wurden in einem Vivisektionsschlitten die Art. iliaca und die Schenkelvene freigelegt und unterbunden; dann wurden dicht hinter den Ligaturen in die peripheren Enden dieser Gefässe feine Glaskanülen eingebunden und die Kanüle der Arterie mittelst eines langen Schlauches an ein mit blutwarmer physiologischer Kochsalzlösung gefülltes Gefäss angeschlossen, das in einer Höhe von ungefähr 2 Metern über dem Operationstisch aufgestellt war. Oeffnete man den am unteren Ende des Schlauches befindlichen Schraubenquetschhahn, so floss die Kochsalzlösung mit dem ihrer Fallhöhe entsprechenden Druck in die Arterie und begann nach einiger Zeit durch die in der Vene befindliche Glaskanüle langsam abzufliessen, zunächst rot, später nur noch schwach, aber doch noch deutlich rötlich gefärbt. So wurde erzielt, dass in dem einen Bein des Kaninchens die Blutzirkulation fortbestand, während sie in dem anderen aufgehoben und durch die Zirkulation der Kochsalzlösung ersetzt war. Da das Kaninchen nach Verlauf von etwa 2 Stunden starb, wurde der Versuch abgebrochen. Die zuletzt aufgefangene Durchspülungsflüssigkeit war noch nicht völlig farblos, sie zeigte vielmehr eine deutliche, wenn auch sehr schwache Rötung und musste so zur Untersuchung genommen werden. Ursprünglich hatte ich die Absicht, erst dann die Flüssigkeit auf ihren Säuregehalt zu prüfen, nachdem sie völlig farblos geworden. Ausser der Durchspülungsflüssigkeit prüfte ich noch die Muskeln der beiden hinteren Extremitäten, der durchspülten und derjenigen, in welcher die Zirkulation fortbestanden hatte, auf ihren Säuregehalt; dieselben kamen 2 Stunden nach dem Tode des Tieres zur Untersuchung.

Zunächst lasse ich Tabelle V über die Muskeln folgen.

In Tabelle V befinden sich die Muskelportionen des durchspülten Beins sowie die des nicht durchspülten. Am 2. Tage der Untersuchung wurden sämtliche Muskeln unter der Flüssigkeit mit der Schere zerkleinert. Unter sich verglichen zeigen die durchspülten Muskeln folgende Eigentümlichkeiten in bezug auf

Tabelle V.

Die verbrauchten Kubikcentimeter $^{1}/_{10}$ N. NaOH auf 1 gr Muskel bezogen.

A. Muskulatur des durchspülten Beins.

Tag.	5 gr Muskel in Alkohol	5 gr Muskel in destilliertem Wasser	5 gr Muskel in 45° warmem Wasser	5 gr Muskel in Wasser gekocht	5 gr Muskel in kaltem Chinolin (10 ccm)
1.	0,27 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,07 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,13 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,19 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,01 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH
2.	0,32 " " "	0,28 " " "	0,26 " " "	0,12 " " "	0,68 " " "
3.	0,2 " " "	0,18 " " "	0,14 " " "	0,1 " " "	0,3 " " "
4.	0,3 " " "	0,34 " " "	0,28 " " "	0,12 " " "	alkalisch
5.	0,25 " " "	0,1 " " "	0,04 " " "	0,1 " " "	alkalisch
6.	0,18 " " "	0,26 " " "	0,38 " " "	0,23 " " "	0,16 " " "
Summa	1,52 " " " = 1,368 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	1,23 " " " = 1,107 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	1,23 " " " = 1,107 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	0,86 " " " = 0,774 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	1,15 " " " = 1,035 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel

B. Muskulatur des nicht durchspülten Beins.

Tag.	5 gr Muskel in Alkohol	5 gr Muskel in destilliertem Wasser	5 gr Muskel in 45° warmem Wasser	5 gr Muskel in Wasser gekocht	5 gr Muskel in kaltem Chinolin (10 ccm)
1.	0.12 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,14 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,21 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,36 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH	0,01 ccm $^{1}/_{10}$ N. NaOH
2.	1.22 " " "	0,8 " " "	0,84 " " "	0,52 " " "	0,98 " " "
3.	0,46 " " "	0,72 " " "	0,24 " " "	0,16 " " "	0,26 " " "
4.	0.15 " " "	alkalisch	0,06 " " "	alkalisch	0,07 " " "
5.	0.16 " " "	0,1 " " "	0,1 " " "	alkalisch	0,08 " " "
6.	0,26 " " "	0,26 " " "	0,28 " " "	0,22 " " "	0,24 " " "
Summa	2,37 " " " = 2,133 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	2,02 " " " = 1,818 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	1,73 " " " = 1,557 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	1,26 " " " = 1,188 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel	1,64 " " " = 1,476 gr Milchsäure auf 100 gr Muskel

die Säureabgabe: Am meisten Milchsäure gab an die ihn umgebende Flüssigkeit der Muskel in Alkohol ab, nämlich 1,368 gr der in destilliertes kaltes Wasser, der in Chinolin und der in 45° warmes Wasser geworfene haben fast gleichviel Säure abgegeben, durchschnittlich 1,083 gr; sämtliche Mengenangaben auf 100 gr Muskel bezogen. Dagegen hat der Muskel, welcher in Wasser gekocht worden war, nur 0,774 gr Säure abgegeben.

Von den nicht durchspülten Muskeln gab ebenfalls der in Alkohol befindliche am meisten Säure ab, nämlich 2,133 gr, dann der in kaltem destilliertem Wasser 1,818 gr, dann der in 45° warmen Wasser 1,557 gr, dann der in Chinolin 1,476 gr und schliesslich der in Wasser gekochte 1,188 gr; sämtliche Werte wiederum auf 100 gr Muskel bezogen. Zunächst ist ersichtlich, dass die durchspülten Muskeln alle weniger Säure geliefert haben, als die nicht durchspülten, was sich ohne weiteres daraus erklärt, dass die Durchspülungsflüssigkeit Stoffe in sich aufgenommen hatte, die, wenn sie in Muskel verblieben wären, sich in ihm in Milchsäure gespalten hätten. Die in den letzten 3 Colonnen der Tabelle V befindlichen durchspülten Muskelportionen weisen gegenüber den nicht durchspülten bezüglich der abgegebenen Säuremenge gleiche Unterschiede auf, nämlich: Muskel A Colonne 3 0,45 gr Säure weniger, als der entsprechende Muskel B, Muskel A Colonne 4 0,414 gr weniger als der entsprechende nicht durchspülte, Muskel A Colonne 5 0,441 gr weniger, als der entsprechende Muskel B, durchschnittlich also 0,435 gr Säure weniger, wobei die Zahlen stets auf 100 gr Muskel bezogen sind. Ferner zeigen die nicht durchspülten Muskeln unter sich verglichen nach 6 Tagen grössere Unterschiede bezüglich der Säuremenge als die Muskeln des durchspülten Beins.

Was die Durchspülungsflüssigkeit angeht, so können die nach 6 Tagen für dieselbe gefundenen Säurewerte keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit machen. Durch die schwach rote Farbe der Durchspülungsflüssigkeit wurde die Beobachtung des Farbenüberganges der Phenolphtaleinlösung, wie er sich zeigt, wenn eine farblose saure Flüssigkeit alkalisch gemacht wird, ziemlich unsicher, sodass es äusserst schwer war, beim Titrieren einen Ueberschuss an Natronlauge zu vermeiden. Eins konnte ich aus meinen Versuchen, wie das die Tabelle VI (Colonne 1) zeigt, ersehen, nämlich das, was bereits Landsberger gefunden hatte, dass

Tabelle VI.

Durchspülungsflüssigkeit.

Tag	10 ccm Durchspülungsflüssigkeit nach Zusatz von einigen Tropfen Phenolphtaleinlösung sofort titriert.	10 ccm Durchspülungsflüssigkeit während 5 Minuten auf 45° erhitzt.	10 ccm Durchspülungsflüssigkeit mit 10 ccm Alkohol versetzt.	10 ccm Durchspülungsflüssigkeit 5 Minuten lang gekocht
1.	1 Tropfen $^1/_{10}$ N. NaOH genügt, um eine ganz intensive Rötung hervorzurufen!	0,2 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	0,4 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	0,2 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
2. früh	0,1 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH undeutlich	0,05 " " "	0,25 " " "	0,25 " " "
nachmittags	0,05 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	0,05 " " "	0,1 " " "	alkal.
3.	0,1 " " "	0,15 " " "	0,2 " " "	0,2 " " "
4.	0,1 " " "	0,1 " " "	0,2 " " "	0,1 " " "
5.	0,1 " " "	0,2 " " "	0,15 " " "	0,1 " " "
6.	0,125 " " "	0,15 " " "	0,1 " " "	0,2 " " "
Summa	0,575 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	0,9 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	1,40 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH	1,05 ccm $^1/_{10}$ H. NaOH

die Durchspülungsflüssigkeit erst nach einiger Zeit sauer wird, dass also, wie Landsberger richtig schliesst, die Kochsalzlösung aus den Muskeln Stoffe ausgewaschen habe, die sich nachher in Milchsäure spalten.

Kurz zusammen gefasst wären die Resultate meiner Arbeit folgende:

1) Es ist wahrscheinlich, dass der lebende ruhende Muskel eine geringe Menge von Milchsäure bezw. sauer reagierenden Substanzen enthält.

2) In einer indifferenten Flüssigkeit, wie destilliertem Wasser oder physiologischer Kochsalzlösung, bildet der Muskel, sofern die störenden Einflüsse der Fäulnis ausgeschaltet sind, nach einer gewissen Zeit eine bestimmte Menge Säure. Dies ist indessen nur der Fall, wenn die Fäulnis durch die Einwirkung von Kälte auf den Muskel ausgeschlossen wird. Sucht man die Fäulnis durch fäulniswidrige Flüssigkeiten, wie Chinolin, Alkohol u. a. zu verhüten, so wird durch die betreffenden Flüssigkeiten der Spaltungsvorgang selbst in ganz erheblicher Weise beeinträchtigt.

3) Die Säurebildung wird durch Temperaturerhöhung bis zu 45^0 beschleunigt, durch Temperaturerniedrigung hingegen verlangsamt; Siedehitze unterbricht den Prozess für kurze Zeit, hebt ihn aber nicht auf; ebensowenig wird die Säureproduktion durch Alkohol vernichtet.

4) Nach den Untersuchungen von Nasse[1]) beträgt die Menge des Glykogens in frischen Muskeln von Winterfröschen im Mittel etwa 4,3 $^0/_{00}$ (bezogen auf die feuchte Muskelsubstanz); ferner hat Ranke für frische Froschmuskeln einen mittleren Milchsäuregehalt von 2,4 $^0/_{00}$ gefunden. Wenn nun auch zugegeben werden kann, dass die titrimetrisch bestimmte Muskelsäure nicht allein als Fleischmilchsäure anzusehen ist, sofern ein Teil des bei der Titration verbrauchten Alkalis zur Neutralisation der sauer reagierenden primären Phosphate dient, so sprechen die ermittelten Säurewerte doch gegen die Annahme, das Glykogen sei die Quelle der Muskelsäure. 1 Teil

---

1) Nasse: Beiträge zur Physiologie der kontraktilen Substanz. Archiv für Physiologie von Pflüger Bd. II 1869.

Glykogen vermag rund 2,1 Teile Milchsäure zu bilden: man würde also, ausgehend von den Zahlen von Nasse, etwa 4,7 ‰ Milchsäure im Muskel finden müssen, ein Wert, über welchen die von mir gefundenen Säurewerte weit hinausgehen. Jedenfalls ist hiernach das Glykogen nicht als einzige Muttersubstanz der Fleischmilchsäure im Muskel anzusehen.

Die chemischen und hydrographischen Verhältnisse der fränkischen Keuperformation.

Von Max Lechler.

Wenn einer der hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Geologie, Karl Gustav Bischof, in der Vorrede zu seinem „Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie“ es beklagt, dass man so häufig bei geologischen Forschungen die Gesetze der Chemie und Physik und die Mitarbeiterschaft des praktischen Chemikers entbehren zu können glaube, so dürfen wir heutzutage mit Genugthuung konstatiren, dass diese Verirrungen der Geschichte der Geologie angehören. Die Chemie wird als unentbehrlichste Hülfswissenschaft von den neueren Geologen hochgeschätzt und vielfach in Anspruch genommen, und die Tagesliteratur verzeichnet eine stattliche Anzahl kleinerer und grösserer Arbeiten chemisch-geologischer Natur.

Vor allem sind es die Wechselbeziehungen zwischen den die einzelnen Formationen zusammensetzenden Gesteinen und den daraus entspringenden Quellwässern, die das Interesse des praktischen Chemikers von jeher in hohem Grade in Anspruch genommen haben, und zahlreiche, ebenso interessante als wertvolle Abhandlungen in Lehrbüchern und Fachzeitschriften sind ein Zeugnis für die erfolgreiche Bearbeitung dieses Gebiets. Einen bescheidenen Beitrag zu dem schon vorhandenen Material zu liefern, ist der Zweck dieser Arbeit, deren praktischer Teil in dem Laboratorium des Herrn Hofrat Professor Dr. Hilger in Erlangen ausgeführt wurde. Es ist mir eine angenehme Pflicht, diesem meinem hochverehrten Lehrer für die mir bei meiner Arbeit gewährte gütige Unterstützung auch an dieser Stelle aufrichtig und herzlich zu danken.

Wie schon aus der Überschrift hervorgeht, habe ich die chemischen und hydrographischen Verhältnisse der Keuperformation zum Gegenstande meines Studiums gemacht und dabei speziell die fränkischen Formationen ins Auge gefasst, da dieselben einerseits in Erlangen selbst mit ihrem obersten Gliede, dem Stubensandstein, zu Tage treten und andererseits in ihrer Entwicklung von unten nach oben, von der Lettenkohlengruppe bis zum Infra-Lias, in verhältnismässig geringer Entfernung von Erlangen leicht

studiert werden können. — Was die von mir benützte Literatur betrifft, so habe ich ausser einigen kleineren Arbeiten, die ich an Ort und Stelle zu nennen mir vorbehalte, hauptsächlich die von Professor Niess in Hohenheim veröffentlichten „Beiträge zur Kenntnis des Keupers im Steigerwalde" meiner Abhandlung zu Grunde gelegt, da dieselben in besonders eingehender und erschöpfender Darstellung die gesamten Verhältnisse der fränkischen Keuperformation behandeln.

Über die geographische Verbreitung des uns hauptsächlich interessirenden süd- und mitteldeutschen Keupergebietes sei in Kurzem bemerkt, dass dasselbe bei Basel beginnt, sich durch Württemberg und die fränkischen Kreise in grossartiger Ausbreitung bis zum südwestlichen Rande des Thüringer Waldes hindurch zieht, unter den jüngeren kalkigen Ablagerungen des Frankenjura ununterbrochen fortsetzt und in dem schmalen Strich zwischen dem letzteren und dem weiter im Osten aufragenden Urgebirge des Fichtelgebirgs und des ostbaierischen Grenzgebirgs von Koburg bis Regensburg wieder zu Tage tritt. — Während der alpine Keuper durch seinen Reichtum an Steinsalz- und Erzlagern, sowie durch beachtenswerte Kohlenlager sich auszeichnet, sind im ausseralpinen Keuper die zum Teil prächtigen Bausandsteine technisch die wichtigsten Produkte; für die Landwirtschaft insbesondere sind die „fetten, milden" Mergel von grosser Bedeutung, da sie einen für Korn- und Weinerzeugung sehr geeigneten Boden liefern. Wo die Mergel im Keupergebiete fehlen, ist das Land wenig fruchtbar; wo sie sich finden, verbessern sie den Boden selber oder werden zur Verbesserung der sandigen Böden vielfach benützt, wie z. B. bei Erlangen.

Die nun folgende Besprechung der geologischen Entwicklung der Keuperformation basiert auf dem von Professor Niess für den fränkischen Keuper aufgestellten Profile. Die Resultate der von mir und Anderen ausgeführten Analysen der verschiedenen Keuperschichten werde ich an der betreffenden Stelle als Erläuterung des Gesagten folgen lassen:

Der Keuper ist das oberste Glied der Triasformation. Den Übergang von dem Mittelglied derselben, dem Muschelkalk, zum Keuper bilden die Schichten der sogen. Lettenkohle („Kohlenkeuper"), die zwar nicht sehr mächtig sind, aber einen sehr ausgebreiteten geognostischen Horizont darbieten. Sie beginnen mit dunkeln, oft stark bituminösen Schieferthonen, an deren Stelle lo-

kal ein schiefriger, grauer Sandstein ausgebildet ist, der wie jene Mergelschiefer Pflanzenabdrücke (namentlich Equisetaceen) enthält. Allmählich gehen diese Schieferthone in die eigentliche „Lettenkohle“ über, eine schwache, weiche, fettige Kohle, die übrigens nur ein geringes Brennmaterial darstellt. Mergelschiefer, Brandschiefer, Lager von Gips und dolomitischen Mergeln wechseln häufig mit den Lagern dieser Lettenkohle ab. Das oberste Glied dieser Gruppe ist ein Dolomit und direkt auf diesem sind die Keuperbildungen gelagert. Dieser sogen. Grenzdolomit ist grau bis rotbraun und bald ein förmliches Konglomerat von Myophoria Goldfussii, bald fest krystallinisch, bald erdig. Demgemäss ist auch seine chemische Zusammensetzung eine äusserst schwankende: Vom typischen Dolomit bis zu Bildungen, deren geringer Magnesiagehalt den Namen „Dolomit“ gar nicht rechtfertigt, sind zahlreiche Übergänge vorhanden, welche durch die Resultate nachfolgender Analysen deutlich genug illustriert werden:

Grenzdolomit von:

	Löwenstein (Württbg.) anal. von Gmelin	Dürrfeld (Franken) anal. von v. Bibra	Waiblingen (Württbg.) anal. von Gmelin	Schwebheim anal. von v. Bibra	Kleinlangheim anal. vom Verfasser	In 10 % HCl: unlöslich	In 10 % HCl: löslich
$CaCO^3$	53,86	55,3	57,81	34,53	86,12	—	86,12
$MgCO^3$	**42,32**	**37,0**	**32,41**	**24,72**	**6,13**	—	6,13
Al^2O^3	Spur	1,4	Spur	5,70	0,74	0,19	0,55
Fe^2O^3	0,22	1,2	4,27	3,60	2,09	0,28	1,81
Sand und Silikat	1,42	2,6	2,73	17,20	SiO^2 2,56	2,20	0,36
					$CaSO^4$ 1,16	—	1,16
H^2SO^4	—	0,3	—	1,35	Na^2O 0,84	0,46	0,38
H^2O	0,62	1,2	0,38	2,10	K^2O 0,69	0,03	0,66
					H^2O 0,70	—	0,70
Chlor und Verlust	—	1,0	—	0,41	Cl u. P^2O^5 in Spuren	—	Cl u. P^2O^5 in Spuren
	98,44	100,00	97,60	89,61	101,03	3,16	97,87

Die dem Grenzdolomit aufgelagerten Keuperbildungen sind in ihrer Entwicklung von unten nach oben angeordnet wie folgt:

I. Gipse und bunte Letten in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 33 Metern.

Der Gips bildet bald grossartige, selten unterbrochene Lagen, bald nur kleinere Einlagerungen („Nester") und Schnüre, welche die Mergel durchsetzen; selten ist er rein weiss; meist grau bis rot gefärbt.

Die bunten Mergel sind die bedeutendsten und charakteristischsten Schichten der Keuperformation. In allen Niveaus des Keupers petrographisch sich völlig gleich bleibend, haben sie ihren Namen von den mannigfachen, zum Teil sehr lebhaften Färbungen, die den zu Tage tretenden Schichten oft ein so buntes und eigenartiges Aussehen verleihen. Was die Anordnung bezw. Verteilung der verschieden gefärbten Bildungen betrifft, so findet man bald einheitlich gefärbte Partieen, die durch schroffen Farbenwechsel von den darunter oder darüber liegenden Schichten sich abheben, bald aber auch allmähliche Übergänge der einzelnen Farbentöne in einander oder netzadrige Fortsätze der einen Schicht in die andere. Das färbende Prinzip ist in allen Fällen das Eisen; die grüne Färbung vieler Mergel ist nach Quenstedt die Folge eines Desoxydationsprozesses, veranlasst durch organische Bestandteile des die Mergel durchsetzenden Wassers. Die chemische Zusammensetzung der Mergel variiert übrigens bedeutend; bald sind sie so reich an Calcium- und Magnesiumkarbonat, dass sie als „dolomitische Mergel" bezeichnet werden, bald treten jene beiden Bestandteile zu Gunsten eines Aluminiumsilikates ganz zurück. Nachfolgende Analysen mögen als Beispiele für das eben Gesagte hier einen Platz finden:

	Dunkle Varietät von Heilbronn anal. von Keller	Graugrüne Varietät von Gretstadt anal. von v. Bibra	Rote Varietät von Stuttgart anal. von Gmelin	Braune Varietät von Stuttgart anal. von Gmelin	Braunrote Varietät von Opferbaum anal. vom Verfasser In 10 % HCl:	
					unlöslich	löslich
Sand, Thonerde etc.	50,6	32,5	72,84	87,98	SiO^2 51,18	0,84
$CaCO^3$	8,6	26,5	0,90	6,48	—	3,68
$MgCO^3$	**25,5**	**13,8**	**11,66**	**7,24**	—	**0,33**
Al^2O^3	13,1 (Al²O³ + Fe²O³)	9,9	4,40	0,86	CaO —	1,16
Fe^2O^3		11,7	13,50	1,36	Al^2O^3 13,18	6,21
$CaSO^4$	0,6	—	—	—	Fl^2O^3 2,23	3,07
H^2O	1,8	5,3	—	—	Na^2O 1,43	2,13
NaCl	0,5	Spur	—	—	N^2O 1,46	0,74
					Cl, P^2O^5, SO^3 —	Spuren
					H^2O —	12,98
	100,7	99,7	103,30	103,92	69,48	31,14

Auf die eben besprochene Etage der Gipse und bunten Mergel folgt die

II. Bleiglanz- und Myophorienbank,

welche nach den von Niess vorgenommenen Messungen zwar nur ca. 0,3 Meter mächtig ist, aber dennoch einen sehr konstanten Horizont im Keuper bildet. Während die obere Bank, welche durch ihre Mineraleinschlüsse (hauptsächlich Bleiglanz) ausgezeichnet ist, von einem mehr oder weniger silikatreichen Dolomit gebildet wird, ist die durch eine dunkle Mergellage davon geschiedene untere Bank mehr kalkiger Natur und bildet das Hauptlager der Versteinerungen, von denen die grösste — Myoforia Raibliana — dieser Schicht ihren Namen gegeben hat. Leider liess sich in dem mir zur Verfügung gestellten, aus der Bleiglanzbank von Hüttenheim und Opferbaum stammenden Material auch nicht die geringste Spur irgend welchen Schwermetalles nachweisen, wie auch die unten aufgeführte Analyse einer unsrer Bleiglanzbank identischen Schichte des Heilbronner Tunnels Schwer-

metalle — abgesehen natürlich vom Eisen — nicht aufweist: No. 1, 2 und 3 vom Verfasser, No. 4 von Keller analysiert.

	1.		2.		3.		4.
	Bleiglanzbank von Opferbaum In 10% HCl:		Bleiglanzbank von Hüttenheim In 10% HCl:		Myophorien-bank von Opferbaum In 10% HCl:		Bleiglanzbank von Heilbronn
	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	
SiO^2	51,18	0,84	4,80	0,26	0,92	0,55	6,05
$CaCO^3$	—	3,68	—	50,68	—	40,36	37,24
$MgCO^3$	—	0,33	—	38,51	—	34,86	27,90
CaO	—	1,16	—	—	—	0,52	—
Al^2O^3	13,18	6,21	0,70	0,97	0,34	1,18	} 2,15
Fe^2O^3	2,23	3,07	0,17	0,63	0,12	1,04	
$CaSO^4$	—	Spuren	—	Spuren	—	13,38	25,49
$Ca^3(PO^4)^2$	—	Spuren	—	0,26	—	Spuren	—
Na^2O	1,43	2,13	0,03	0,66	0,09	1,65	—
K^2O	1,46	0,74	0,87	0,43	0,21	0,73	—
Cl	—	Spuren	—	—	—	Spuren	Spuren
H^2O	—	12,98	—	0,87	—	3,47	1,16
	69,48	31,14	6,57	93,27	1,68	97,74	99,99

Anmerkung: Der grosse Gipsgehalt in No. 4 erklärt sich durch einen lokalen Vergipsungsprozess.

Der Charakter der nun folgenden Schichtengruppe ist im Grossen und Ganzen derselbe, wie bei der I. Keuperetage; wir haben auch hier wieder

III. bunte Mergel mit Gips und einzelnen Steinmergelbänken;

doch tritt der Gips, nachdem er noch einzelne mächtige Lager, teils für sich, teils in Verbindung mit bunten Letten gebildet hat, allmählich ganz zurück und macht bunten Mergeln Platz, in denen als Vorläufer der folgenden Gruppe schon Einlagerungen kleiner, dünner Sandsteinschichten sich finden, die nach oben immer mächtiger, kompakter und quarzreicher werden. — Von den oben genannten Steinmergelbänken, die in dieser Etage besonders zahlreich sich finden und meist petrefaktenlos sind, ist eine besonders

ausgezeichnet durch ihren grossen Reichtum an Versteinerungen, vor allem Fischschuppen und einer noch nicht näher bestimmten Estheria-Art, nach der auch wohl diese Schicht „Estherien-Bank“ genannt wird. Die folgende, von mir ausgeführte Analyse eines aus dieser Estherienbank stammenden Steinmergels gibt zugleich auch ein annäherndes Bild von der chemischen Zusammensetzung dieser Steinmergel überhaupt:

	Estherienbank von Schwanberg In 10% HCl	
	unlöslich	löslich
SiO^2	35,24	0,89
$CaCO^3$	—	24,54
$MgCO^3$	MgO=0,18	17,97
CaO	—	0,21
$Ca^3(PO^4)^2$	—	0,50
Al^2O^3	6,26	6,38
Fe^2O^3	1,14	1,10
Na^2O	1,23	0,25
K^2O	2,13	0,53
Cl	—	Spuren
H^2O	—	1,37
	46,18	53,74

Mit dem Abschluss dieser ca. 150 Meter mächtigen III. Gruppe der Keuperbildungen treten wir in das Gebiet der bauwürdigen Sandsteine ein, deren hohe technische Bedeutung wohl am besten daraus erhellt, dass sie eine Reihe grösserer deutscher Städte, wie Stuttgart, Nürnberg, Bamberg, Bayreuth, Fürth, Erlangen, Koburg u. s. w. nahezu ausschliesslich mit vorzüglichem Baumaterial versorgen. Als unterste abbauwürdige Keupersandsteinbildung tritt uns entgegen der

IV. Schilfsandstein mit einzelnen Lettenbänken.

Die unterste Lage dieser ca. 7 Meter mächtigen Etage besteht aus einer etwa 2 Meter mächtigen Sandsteinbildung und auf dieser entwickeln sich dann in regelmässiger Wechsellagerung Schichten von sandigen Letten und Sandsteinen. Auch in den mächtigeren, abbauwürdigen Lagern ist der Schilfsandstein stets

durch schwächere oder stärkere Lettenlagen und — senkrecht auf die Schichtung -- durch unregelmässige Klüfte unterbrochen. Seine Farbe ist da, wo es an pflanzlichen Einschlüssen fehlt, rot bis violett, im Übrigen grünlich-grau. Den überaus häufig in ihm sich findenden Abdrücken von Schachtelhalmen und Calamiten verdankt der Schilfsandstein seinen Namen. Seine chemische Zusammensetzung ist selbstverständlich je nach Lage und Fundort eine verschiedene; während in der von mir durchgeführten Analyse eines Schilfsandsteins von Castell die beträchtliche Menge von Thonerde und Eisen auffällt und die zur Untersuchung gelangte Probe als eine Übergangsform der sandigen Letten zum typischen Sandstein erscheinen lässt, entspricht die von v. Bibra ausgeführte Analyse eines Schilfsandsteines aus den berühmten Steinbrüchen von Zeil am Main wohl dem eigentlichen Schilfsandsteine:

	Schilfsandstein aus den Zeiler Brüchen anal. von v. Bibra	Schilfsandstein von Castell anal. vom Verfasser. In 10 % HCl:	
		unlöslich	löslich
SiO^2	75,4	51,17	2,03
Fe^2O^3	3,0	1,14	4,79
Al^2O^3	11,7	13,41	8,96
$Ca^3(PO^4)^2$	CaO = 2,8	—	0,33
MgO	1,4	—	4,02
Na^2O	—	2,59	0,72
K^2O	—	3,94	0,34
H^2O	3,5	—	7,20
Cl	NaCl + Verlust 2,2	—	Spuren
	100,00	72,25	28,39

Nachdem schon in den oberen Schichten der eben verlassenen Abteilung des Keupers die Sandsteinbänke mehr und mehr gegen sandige Lettenschichten zurücktreten, sind in dem nun folgenden Keuperstockwerke wieder

V. Bunte Letten mit einzelnen Steinmergelbänken

in einem ca. 30 Meter mächtigen Lager entwickelt. Da, wie schon erwähnt, die bunten Mergel des ganzen Keupergebiets petrographisch völlig identisch sind, so ist hier nur noch zu erwähnen, dass die hieher gehörigen bunten Letten des Steigerwaldes im Gegensatz zu den aus anderen Keupergebieten stammenden Mergeln keinen Gips führen. — Unter den drei in diesem Niveau sich findenden, übrigens in einer Gesamtmächtigkeit von nur ca. 0,5 Meter entwickelten Steinmergelbänken sind zwei — die obere und die untere — petrographisch völlig gleich und petrefaktenlos; die dritte, mittlere, dagegen ist durch ihren Reichtum an Exemplaren einiger marinen Conchylien [Turbonilla Theodorii (Gashop.) und Anoplophora Münsteri (Bivalve)] vor allen anderen Keuperschichten ausgezeichnet und wird nach einem besonders schön entwickelten Vorkommen in der Nähe von Ansbach auch wohl „Lehrberger Schicht“ genannt. Nach einer von mir ausgeführten Analyse einer aus dieser L. Schicht stammenden Gesteinsprobe erweist sich dieselbe als eine dolomitische Kalksteinbildung:

	Lehrberger Schicht. In 10 °/₀ HCl	
	unlöslich	löslich
SiO^2	0,55	0,20
$CaCO^3$	—	52,87
$MgCO^3$	—	41,66
CaO	—	0,57
$Ca^3(PO^4)^2$	—	Spuren
Al^2O^3	0,30	0,48
Fe^2O^3	Spuren	0,66
Na^2O	0,28	0,32
K^2O	0,17	0,45
H^2O	—	1,86
Cl	—	0,15
	1,30	99,22

Das wichtigste Glied der nun folgenden Gruppe, welcher als Vorläufer einzelne dünne Sandsteinbänke vorhergehen, ist der

VI. Semionotus-Sandstein,

dessen Lagerung in dieser Etage am besten aus dem von Gümbel (4. Band, 11. Heft der Bavaria) aufgestellten Profile erhellt, das die Entwicklung dieser Gruppe von unten nach oben veranschaulicht wie folgt:

	mittl. Mächtigkeit
Zu unterst Sandsteinbänke von krystallin. Habitus und	2,7 Met.
darüber Letten und krystallinische Sandsteine von	15,95 „
dann folgt d. Niveau des eigentl. Sem.-Sandsteins v.	4,35 „
und den Schluss bildet eine Lettenlage von	8,70 „
Es beträgt somit die mittl. Mächtigkeit der ganzen Etage	29,17 Met.

Obgleich das Leitfossil dieser Gruppe, der Semionotus Bergeri, im fränkischen Keuper bis jetzt noch nicht entdeckt werden konnte, so ist doch dieser Sandstein nach den petrographischen Vergleichungen und dem Niveau identisch mit dem Koburger Vorkommen, das zuerst den Sem. B. lieferte. Der Semionotussandstein, auch Koburger Bausandstein genannt, ist ein sehr fester, schwach rötlich gefärbter, von Glimmerblättchen reichlich durchsetzter Sandstein und bildet ein sehr geschätztes Baumaterial. Nachstehende, von mir ausgeführte Analyse eines Semionotussandsteines möge zur allgemeinen Orientierung über seine chemische Zusammensetzung dienen:

	Semionotus-Sandstein anal. vom Verfasser In 10% HCl:	
	unlöslich	löslich
SiO^2	67,92	1,51
Fe^2O^3	0,28	1,36
Al^2O^3	12,37	3,97
CaO	—	0,23
MgO	1,17	1,29
Na^2O	2,31	0,42
K^2O	3,50	0,14
H^2O	—	4,33
Cl u. P^2O^5	—	Spuren
	87,55	13,25

Über der Etage des Semionotus-Sandsteins lagert der

VII. Stuben- und Burgsandstein,

dessen Entwicklung vom Semionotus-Sandstein bis zum Infra-Lias ich ebenfalls nach der auf Gümbel's Profil gegebenen Darstellung hiehersetze:

	Mächtigkeit
Zu unterst der sog. Kellersandstein von ca.	7,25 Meter
darüber eine Lettenlage von ca.	8,7 „
nun folgt der Hauptstubensandstein mit ca.	5,8 „

und den Schluss bildet eine etwa 20 Meter mächtige Schicht von Letten und dolomitischen Sandsteinen, so dass also die Gesamtmächtigkeit dieser Gruppe ca. 41,75 Meter wäre. — Das grösste Interesse nehmen auch hier wieder die bauwürdigen Sandsteine in Anspruch, so vor allem der Burgsandstein, welcher in mächtigen Brüchen in der Umgebung Nürnbergs gewonnen wird und das Baumaterial der umliegenden Städte bildet. Er ist grobkörnig, weisslich, meist rot- und buntgefleckt und wird stellenweise durch arkosige [1]) Ausbildung so hart, dass er zu Mühlsteinen verwendet werden kann. — Unter Stubensandstein versteht man gewöhnlich eine sehr weisse, lockere Sandsteinbildung, die übrigens an manchen Orten, wie z. B. in Erlangen, ein ganz brauchbares Baumaterial darstellt. — Dass der Quarz bei der Bildung der hierher gehörigen Sandsteine einen Hauptanteil hat, geht aus den von mir und Anderen ausgeführten Analysen zur Genüge hervor:

---

1) Unter Arkose versteht man ein durch Verwitterung von Granit oder Gneis entstandenes Gestein, das aus einem grauweissen Bindemittel besteht, in welchem eckige Körner und grössere Stücke von Quarz, Orthoklas und oft auch Glimmerblättchen liegen. Die Arkose ist nicht an bestimmte Formationen gebunden.

	Stuben-sandstein von Erlangen analysirt von A. Hilger In 10 % HCl:		Stuben-sandstein von Koburg analysirt vom Verfasser In 10 % HCl:		Stuben-sandstein von Ebern analysirt vom Verfasser In 10 % HCl:		Stuben-sandstein von Bamberg analysirt von v. Bibra
	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	
SiO^2	91,86	1,20	93,25	0,96	79,14	1,33	91,4
Fe^2O^3	—	0,12	0,32	0,32	0,97	Spuren	1,6
Al^2O^3	3,62	0,28	1,34	1,16	8,03	1,83	2,6
CaO	0,33	0,28	—	0,24	Spuren	0,44	1,7
MgO	—	—	0,16	0,52	1,01	1,06	0,4
Na^2O	0,31	0,10	0,31	0,17	1,35	0,30	—
K^2O	1,06	0,21	0,11	0,16	1,85	0,27	—
SO^3	—	0,48	—	Spuren	—	Spuren	—
P^2O^5	—	0,18	—	„	—	„	—
Cl	—	—	—	„	—	„	u. Verlust 0,4
H^2O	—	0,50	—	1,23	—	3,01	1,9
	97,18	3,35	95,49	4,76	92,35	8,24	100,00

Das letzte Glied der Keuperformation bildet der

VIII. Rhät oder Infra-Lias,

eine 5—10 Meter mächtige Keuperbildung, deren oberstes Glied, der „Bonebedsandstein“, von vielen Geologen bereits zum Lias gezählt wird. Von technischer Bedeutung ist in dieser Gruppe nur der sog. rhätische oder Pflanzen-Sandstein, ein gelblichweisser, fein- bis mittelkörniger Sandstein, der besonders in Bayreuth und Bamberg vielfach als Baumaterial benutzt wird. In den dazwischen liegenden thonigen Schichten finden sich zahlreiche Pflanzenreste, — besonders Equisetaceen —, die sich zuweilen zu schwachen Steinkohlenflözen („Keuperkohle“) anhäufen. Während die dem Infra-Lias entsprechenden Schichten in Württemberg und England eine geradezu massenhafte Anhäufung tierischer Reste aufweisen und desshalb auch mit dem Namen „bone-beds“ bezeichnet werden, zeigt der fränkische Rhät nur an wenigen Stellen spärliche Spuren solcher Überreste, wie schon aus dem geringen Gehalt des von mir untersuchten Infra-Lias-Sandsteins an Phosphorsäure hervorgeht, dessen Analyse ich hier folgen lasse;

	Infra-Lias-Sandstein analysirt vom Verfasser In 10% HCl:	
	unlöslich	löslich
SiO^2	93,22	1,52
Fe^2O^3	0,63	0,18
Al^2O^3	2,36	0,59
CaO	—	—
MgO	Spuren	0,77
Na^2O	0,50	0,19
K^2O	0,19	0,12
H^2O	—	0,78
Cl	—	Spuren
P^2O^5	—	„
	96,90	4,15

Die Keuperwässer.

Nachdem ich im Vorhergehenden die geologische Entwicklung der Keuperformation geschildert und die Resultate der von mir und Anderen ausgeführten Analysen der einzelnen Keuperschichten mitgeteilt habe, gehe ich zum zweiten Teile meiner Abhandlung über, nämlich zur Besprechung der hydrographischen Verhältnisse des Keupergebietes.

Es sei mir gestattet, einige allgemeine Bemerkungen über die Beschaffenheit der natürlichen Wässer vorauszuschicken.

Das Meteorwasser ist das reinste natürliche Wasser; es enthält neben Stickstoff und Sauerstoff, mit denen es gesättigt ist, stets etwas Kohlensäure, Spuren Salpetersäure, salpetriger Säure, Ammoniak und Chlornatrium gelöst, welch' letzteres aus den in der Luft befindlichen Staubteilchen in das Wasser übergeht. Das in den Boden gelangende Meteorwasser sinkt darin so weit, bis es auf eine undurchlässige Schicht, z. B. thonige Gesteine, kommt und sammelt sich dann als sogen. Grundwasser in den Poren und grösseren Hohlräumen des darüber befindlichen Bodens an. Dieses Grundwasser fliesst auf der undurchlässigen Schicht nach der Richtung des grössten Gefälls in Bäche, Flüsse etc. oder tritt als „Quelle“ wieder zu Tag. Bei diesem seinem Laufe durch die verschiedenen Schichten des Bodens laugt es die darin befindlichen

löslichen Teile aus und wir können somit aus den in einem Quell- oder Flusswasser enthaltenen mineralischen Bestandteilen einen mehr oder minder sicheren Schluss auf die chemische Zusammensetzung der Formationen ziehen, welche das Wasser durchlaufen hat, wie auch umgekehrt die genaue Kenntnis der eine Formation zusammensetzenden Gesteinsschichten im allgemeinen eine sichere Handhabe zur Beurteilung der daraus entspringenden Wässer bietet. Dass übrigens die vom Wasser aufgenommenen Mengenverhältnisse der einzelnen Mineralien nicht ausschliesslich von der chemischen Beschaffenheit der durchsickerten Gesteine abhängig sind, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass beispielsweise ein mit Kohlensäure gesättigtes Wasser auf kohlensauren Kalk viel energischer lösend einwirkt, als ein kohlensäurearmes Wasser. — Die reinsten, aus dem Boden entspringenden Wässer sind natürlich diejenigen, welche direkt aus atmosphärischen Niederschlägen stammend nach Filtration durch dünne, humusreiche Erdschichten sich auf einem undurchlässigen Untergrunde sammeln, der aus einem schwer zersetzbaren Gestein besteht. In wie weit diese Vorbedingungen bei unseren Keuperwässern zutreffen, lehrt ein Blick auf das Profil der Keuperformation. Während vom Grenzdolomit aufwärts bis nahe zur Estherienbank der Gips teils in mächtigen Lagern, teils in kleineren Nestern und bandartigen Fortsätzen auftritt und die bunten Mergel trennt oder durchsetzt, verschwindet er mit wenigen lokalen Ausnahmen, die ich in der Folge aufführen werde, in der weiteren Entwicklung der Keuperschichten nach oben vollständig und an seine Stelle treten Sandsteine in Wechsellagerung mit bunten Letten, dolomitischen Kalken etc. — Es ist nun leicht einzusehen, dass ein aus den unteren Keuperstockwerken entspringendes Wasser in der Regel mehr oder weniger gipshaltig sein wird und ich werde im Anschluss an diese Besprechung die Resultate der Analysen einiger solcher Wässer bringen, die derart mit Gips überladen sind, dass ihre technische Verwendung ebenso unmöglich, wie ihre Benützung als Trinkwasser schädlich ist. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass überhaupt jedes aus den unteren Keuperschichten entspringende Wasser eine solche Beurteilung bezw. Verurteilung verdient. Wie die Mächtigkeit der Gipsanhäufungen eine sehr verschiedene ist, so weisen auch die Wässer einen verschiedenen Gipsgehalt auf: neben stark gipshaltigen

Wässern finden wir solche, deren minimaler Gipsgehalt ihre ungehinderte Verwendung gestattet.

In einer ungleich günstigeren Lage befinden sich freilich die Bewohner jener Gegenden, die ihr Wasser aus den oberen Schichten des Keupers erhalten. Die Wasserhorizonte des Schilfsandsteins, des Semionotus- und Stubensandsteins liefern Wässer von fast chemischer Reinheit, die in ihrer Verwendbarkeit für technische Zwecke und für den Hausgebrauch nur von den aus dem Buntsandstein oder dem Urgebirge entspringenden Wässern erreicht werden. Eine Erklärung für diese Thatsache finden wir in den Resultaten der Analysen von Keupersandsteinen, wie sie Mayrhofer in seiner „Hydrographie der Stadt Bamberg" kurz zusammenfasst, wie folgt: „Die Menge des Bindemittels, das von den Meteorwässern allmählich ausgelaugt wird, schwankt zwischen 0,6—7,0 %; dasselbe besteht aus sehr wasserreichen, also wahrscheinlich leicht zersetzbaren Silikaten der Thonerde und des Eisenoxyds, die ihrerseits 8—30 % Calcium- und Magnesiumoxyd enthalten." Dementsprechend ist auch bei der Mehrzahl der aus dem oberen Keupergebiete stammenden Wässer der Trockenrückstand ein ausserordentlich geringer und beträgt im Mittel etwa 0,25 in 1000 Teilen. Überschreitet das Gewicht des Trockenrückstandes eines aus den genannten Schichten entspringenden Wassers diesen Mittelwert um ein mehrfaches, und finden wir ausserdem bei der Analyse einen beträchtlichen Gehalt an Schwefelsäure, so können wir mit Sicherheit behaupten, dass das betreffende Wasser eine der in diesen Schichten so seltenen Gipseinlagerungen passiert und sich dabei mit Gips bereichert hat.

Im Anschluss folgen die Resultate zahlreicher Untersuchungen von Keuperwässern, die teils den von mir selbst vorgenommenen Analysen entstammen, teils in der von mir benützten Literatur sich fanden, teils auch durch die Güte des Herrn Hofrat Hilger mir zur Verfügung gestellt wurden:

Quellwasser der Aisch:

entspringt bei Burgbernheim aus dem Gipskeuper.

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstands enthalten:
Trockenrückstand	2,4726			
($KMnO^4$ auf 1 Liter=	0,0093136)	K^2O	0,00256	1,09
K^2O	0,00256	Na^2O	0,09397	4,02
NaCl	0,0292	CaO	0,8440	36,14
Na^2SO^4	0,0056	MgO	0,09133	3,91
Na^2O	0,0754	Cl	0,01773	0,76
$CaCO^3$	0,31538	SO^3	1,1333	48,53
$MgCO^3$	0,007108	CO^2 geb.	0,14247	6,10
$CaSO^4$	1,6222	SiO^2	0,00960	0,41
$MgSO^4$	0,26385		2,33499	100,96
SiO^2	0,0096			

Aus dem Gipskeuper entspringen ferner folgende, im königl. Untersuchungsamte zu Erlangen analysierte Quellen:

1000 Teile enthalten:	Tauberwasser bei Rothenburg	Quellwasser in Ipsheim	Quellwasser in Ickelsheim
Trockenrückstand	1,796	2,6568	2,741
$KMnO^4$	0,005	0,013	0,005
NaCl	0,046	0,4095 (in Folge lokaler Verunreinigung)	0,0117
CaO	0,5905	0,402	0,784
MgO	Spuren	0,2381	0,136
SO^3	0,7779	0,6289	0,308

Wasser[1])

eines aus dem unteren Keuper gespeisten Brunnens in Hofheim.

1000 Teile enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
KCl	0,04535	K^2O	0,03330	3,95
$NaCl$	0,02705	Na^2O	0,01384	1,64
$CaCl^2$	0,06429	FeO	0,00117	0,13
$Ca(NO^2)^2$	0,03473	CaO	0,17910	21,29
NH^4NO^3	Spuren	MgO	0,14732	17,51
$Ca(NO^3)^2$	0,04555	N^2O^3	0,0200	2,37
$CaSO^4$	0,28233	N^2O^5	0,0301	3,56
$MgSO^4$	0,01318	Cl	0,07801	9,27
$MgCO^3$	0,28169	SO^3	0,17348	20,38
SiO^4	0,00740	CO^2 geb.	0,15006	18,95
$FeCO^3$	0,00188	SiO^2	0,00740	0,19
	0,80345		0,83380	99,24 %

Quellwasser der Tauber:

entspringt auf dem Marktplatze von Wettringen.

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	1,6555			
($KMnO^4$ auf 1 Liter=	0,0093136)	K^2O	0,01179	0,80
K^2O	0,01179	Na^2O	0,01819	1,24
$NaCl$	0,00682	CaO	0,56088	38,23
Na^2SO^4	0,033025	MgO	0,04888	3,33
$CaCO^3$	0,30364	Cl	0,00414	0,28
$MgCO^3$	0,004034	SO^3	0,67080	45,72
$CaSO^4$	0,94915	CO^2 geb.	0.13571	9,25
$MgSO^4$	0,14088	SiO^2	0,01666	1,13
SiO^2	0,01666		1,46705	99,98 %

1) Friedrich Pecher, Inauguraldissert., Würzburg 1887.

Das Wasser[1]) der Trinkquelle des Wildbades Burgbernheim:

entspringt aus dem Schilfsandstein, hat aber lokale Gipseinlagerungen passiert, wie die folgende Analyse beweist:

1000 Teile enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
KCl	0,01335	K^2O	0,00841	1,13
NaCl	0,01	Na^2O	0,00530	0,72
$CaCl^2$	0,00762	CaO	0,21760	29,76
$CaSO^4$	0,44898	MgO	0,08769	12,17
$CaCO^3$	0,05519	FeO	0,00198	0,27
$MgCO^3$	0,1890	SO^3	0,26411	35,72
$FeCO^3$	0,00316	Cl	0,01730	2,34
SiO^2	0,00700	CO^2 geb.	0,12515	16,93
		SiO^2	0,00700	0,94
	0,7343		0,7345	99,98 %

Den Keupersandsteinen entspringt das Wasser der Osterbrunnenquelle bei Seibothenreuth[2]):

1000 Teile enthalten:				
NaCl	—	Na^2O	—	—
KCl	0,0042	K^2O	0,0077	20,70[3])
$CaCl^2$	—	CaO	0,0091	24,46
$Ca(NO^3)^2$	Spuren	MgO	0,0032	8,60
NH^4NO^3	—	Cl	0,0020	5,37
$CaSO^4$	0,0008	SO^3	0,0048	12,90
$CaCO^3$	0,0157	N^2O^5	Spuren	Spuren
$MgCO^3$	0,0067	CO^2 geb.	0,0105	28,22
K^2SO^4	0,0094	NH^3	—	—
	0,0368		0,0373	100,25

1) F. Pecher, Inauguraldiss., Würzburg 1887.

2) Späth, Inauguraldiss., Erlangen 1889.

3) Den grossen Kaligehalt glaubt Späth auf die in der Etage der Keupersandsteine zuweilen vorkommenden Arkosen zurückführen zu müssen.

Wasser[1]) der Fuchssteiner Leitung,

den Lehrberger Schichten entspringend.

1000 Teile enthalten:				100 Teile des Rückstandes enthalten:
NaCl	0,0022	Na^2O	0,0012	1,47
KCl	0,00079	K^2O	0,0005	0,61
$CaCl^2$	0,00233	CaO	0,0276	34,03
$CaSO^4$	0,0263	MgO	0,0097	11,96
$CaCO^3$	0,0280	Cl	0,0032	3,94
$MgCO^3$	0,0203	SO^3	0,0155	19,01
N^2O^5	0,0005	N^2O^5	0,0005	0,61
		CO^2 geb.	0,0230	28,36
	0,08042		0,0812	99,98 %

Wasser[2]) der Saaser Leitung,

dem Rhät entspringend:

1000 Teile enthalten:				100 Teile des Rückstandes enthalten:
NaCl	0,00330	Na^2O	0,0018	2,7
KCl	0,00126	K^2O	0,0008	1,2
$CaCl^2$	0,00140	CaO	0,0214	32,08
$Ca(NO^3)^2$	0,0179	MgO	0,0068	10,19
$NH^4 . NO^3$	Spur	Cl	0,0035	5,23
$CaSO^4$	0,00527	SO^3	0,0031	4,64
$CaCO^3$	0,0220	N^2O^5	0,0118	27,69
$MgCO^3$	0,01043	CO^2 geb.	0,0174	16,08
		NH^3	0,0002	0,30
	0,06156		0,06680	100,11 %

1) Späth, Inauguraldiss., Erlangen 1889.

2) Späth, Inauguraldiss., Erlangen 1889.

Aus dem Gebiete der Keupersandsteine kommen ferner folgende Quellen, welche jeweilen bei ihrem Ursprunge von mir entnommen wurden:

Wörnitz:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,3488			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,0066526)	K^2O	0,008985	3,08
K^2O	0,008985	Na^2O	0,00835	2,87
NaCl	0,01169	CaO	0,08366	28,76
Na^2O	0,00199	MgO	0,04244	14,59
$CaCO^3$	0,14682	Cl	0,00710	2,44
$MgCO^3$	0,08030	SO^3	0,00991	3,40
$CaSO^4$	0,003472	CO^2 geb.	0,10659	36,65
$MgSO^4$	0,01805	SiO^2	0,02377	8,17
N^2O^5	Spuren	N^2O^5	Spuren	—
SiO^2	0,02377		0,29080	99,96

Altmühl:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,4055			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,021953)	K^2O	0,00695	1,76
KCl	0,0110	Na^2O	0,00884	2,23
NaCl	0,0160	$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,00110	0,27
$CaCO^3$	0,1715	CaO	0,11480	29,08
$MgCO^3$	0,1042	MgO	0,05915	14,98
$CaSO^4$	0,04541	Cl	0,01420	3,59
$MgSO^4$	0,02856	SO^3	0,04574	11,58
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,0011	CO^2 geb.	0,12995	32,92
SiO^2	0,01395	SiO^2	0,01395	3,53
N^2O^5	Spuren	N^2O^5	Spuren	—
			0,39468	99,94 %

Rezat:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,12366			
($KMnO^4$ auf 1 Liter=	0,009978)	K^2O	0,00638	6,38
K^2O	0,00638	Na^2O	0,01291	12,91
NaCl	0,00973	$Al^2O^3+Fe^2O^3$	0,00586	5,86
Na^2O	0,007428	CaO	0,01060	10,60
$MgCO^3$	0,012495	MgO	0,00800	8,00
$CaSO^4$	0,031788	Cl	0,00591	5,91
$MgSO^4$	0,002256	SO^3	0,01664	16,64
MgO	0,00130	CO^2 geb.	0,00653	6,53
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,00586	SiO^2	0,02720	27,20
N^2O^5	Spuren	N^2O^5	—	—
SiO^2	0,0272		0,10003	100,03 %

Zenn:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,65426			
($KMnO^4$ auf 1 Liter=	0,004989)	K^2O	0,0060	0,97
K^2O	0,006	Na^2O	0,01557	2,51
NaCl	0,01871	$Al^2O^3+Fe^2O^3$	0,00226	0,36
Na^2O	0,005226	CaO	0,15250	24,67
$CaCO^3$	0,2524	MgO	0,12110	19,59
$MgCO^3$	0,09183	Cl	0,01136	1,83
$CaSO^4$	0,02695	SO^3	0,13952	22,57
$MgSO^4$	0,1855	CO^2 geb.	0,15908	25,73
MgO	0,01554	SiO^2	0,01070	1,73
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,00226	N^2O^5	Spuren	—
SiO^2	0,0107		0,61809	99,96 %
N^2O^5	Spuren			

Die quantitative Analyse der Gesteine

wurde von mir nach folgender Methode ausgeführt:

Ca. 1 Gramm der fein gepulverten und gebeutelten Substanz wurde mit 10% Salzsäure eine Stunde hindurch auf dem Wasserbade digeriert und hierauf der von der Säure nicht gelöste Teil durch Filtration von dem in Lösung gegangenen getrennt.

1) Aus der so erhaltenen salzsauren Lösung wurde die hydratische Kieselsäure durch wiederholtes Abdampfen mit Salzsäure abgeschieden, das Filtrat mit etwas Salpetersäure behufs Oxydation des vorhandenen Eisens versetzt, kurze Zeit gekocht, nun mit Ammoniak in mässigem Überschuss versetzt und nochmals kurze Zeit gekocht. Der entstehende Niederschlag von Eisen- und Aluminiumhydroxyd wurde behufs Entfernung des mitgerissenen Kalkes in Salzsäure gelöst und die Fällung mit Ammoniak wiederholt. Die vom Niederschlage abfiltrierte Flüssigkeit wurde nun in zwei gleiche Teile geteilt: In der einen Hälfte wurden Kalk und Magnesia in bekannter Weise als Oxalat bezw. Ammoniumphosphat gefällt; in der andern Hälfte wurden nach Fällung des Kalks mit oxalsaurem Ammonium die Alkalien durch Behandlung mit feuchtem Quecksilberoxyd vom Magnesium getrennt, zur Trockne gebracht, gewogen, dann mit Wasser aufgenommen und mit Platinchlorid abermals verdampft. Das dabei entstehende in Äther-Alkohol unlösliche Kaliumplatinchlorid wurde im Wägeglas bei 100° getrocknet. Die Menge des vorhandenen Natriums ergibt sich aus der Differenz des Gewichtes der Gesamtalkalien und des Kaliumchlorids.

2) Der bei der Digestion des Gesteins mit 10% Salzsäure verbliebene Rückstand wurde nach vorherigem Glühen und Wägen wiederholt mit Flusssäure abgedampft und schliesslich zum Zwecke völliger Verjagung der Flusssäure gelinde geglüht. Die alsdann mit Hilfe von Salzsäure hergestellte Lösung wurde behandelt wie unter 1) beschrieben.

Das Eisen wurde aus den betreffenden Eisen-Aluminium-Niederschlägen mittelst chlorsauren Kalis und Salzsäure extrahiert, durch Erwärmen mit metallischem Zink in Oxydulsalz übergeführt und auf volumetrischem Wege mittelst Kaliumpermanganats bestimmt.

Zur Bestimmung der Gesamtkieselsäure wurde ca. 1 Gramm der Substanz mit der mehrfachen Menge einer Mischung von kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali geschmolzen, die Schmelze nach dem Erkalten wiederholt mit Salzsäure verdampft und schliesslich bei ca. 120° einige Stunden im Trockenkasten ausgetrocknet. Beim Aufnehmen der so behandelten Schmelze mit verdünnter Salzsäure scheidet sich die Kieselsäure quantitativ ab und wird auf dem Filter gesammelt. In der Lösung

wurde nach Ausfällen von Eisen, Aluminium, Calcium und Magnesium die Schwefelsäure mit Baryumchlorid gefällt.

Das Chlor wurde in der salpetersauren Lösung der Substanz gewichtsanalytisch bestimmt.

Der Nachweis der Phosphorsäure geschah in dem bei der Gesamtkieselsäurebestimmung erhaltenen Eisen-Aluminium-Niederschlage durch Schmelzen desselben mit kohlensaurem Natron-Kali, Auskochen der Schmelze mit Wasser und Versetzen der dabei erhaltenen und mit Salpetersäure angesäuerten Lösung mit Ammoniummolybdat. Der durch längeres Stehen völlig abgeschiedene gelbe Niederschlag von Ammonium-Molybdophosphat wurde in Ammoniak gelöst und in dieser Lösung durch Magnesiamischung die Phosphorsäure gefällt.

Zur quantitativen Bestimmung der Kohlensäure bediente ich mich des Bunsen'schen Apparates, der auf der Verlustmethode basiert und recht gute Resultate liefert.

Die Wasserbestimmungen wurden durch Erhitzen der Substanz im Bajonettrohr und Auffangen des entweichenden Wassers im Chlorcalciumrohr ausgeführt.

Zur Orientierung über den von mir eingeschlagenen Weg der

quantitativen Untersuchung der Keuperwässer

mögen folgende Mitteilungen dienen:

Behufs Bestimmung des Trockenrückstandes wurden ein bis zwei Liter des betreffenden Wassers in Platinschalen auf dem Wasserbade verdampft, der Rückstand einige Stunden bei 110° getrocknet, dann gewogen und mit verdünnter Salzsäure aufgenommen. Die Bestimmung der hydratischen Kieselsäure, des Eisens und Aluminiums, des Calciums, Magnesiums und der Alkalien geschah in gleicher Weise, wie bei der quantitativen Gesteinsanalyse.

Durch zwölfstündiges Kochen von ein bis zwei Litern des zu untersuchenden Wassers unter beständigem Ersatz des verdampfenden Wassers wurden die Bikarbonate des Calciums und Magnesiums zur Ausscheidung gebracht und bestimmt.

Zur Ermittlung des durch die organischen Substanzen bedingten Grades der Oxydierbarkeit des Wassers wurden 50 cc desselben mit 5 cc verdünnter Schwefelsäure (1 : 3) versetzt und mit 10 cc $^1/_{100}$ Normal-Chamäleonlösung ca. 10 Minuten gekocht; hierauf wurden 10 cc $^1/_{100}$ Normal-Oxalsäurelösung zugefügt und mit $^1/_{100}$ Normal-Chamäleon bis eben zur beginnenden Rötung austitriert. Bei der Berechnung wurde angegeben, wie viel Kaliumpermanganat zur Oxydation der in einem Liter des betr. Wassers enthaltenen organischen Substanz erforderlich war.

Das Chlor wurde auf massanalytischem Wege nach der von Mohr angegebenen Methode durch Titration mit Silberlösung bestimmt.

Zur Feststellung des Gehalts an Schwefelsäure wurden ca. 400 cc des betr. Wassers mit Salzsäure angesäuert, etwa zur Hälfte eingedampft und dann in der Siedhitze mit Chlorbaryumlösung versetzt; das ausgeschiedene Baryumsulphat wurde nach den bekannten Vorsichtsmassregeln gewaschen, getrocknet und geglüht.

Die Untersuchung auf Ammoniak geschah kolorimetrisch in dem von Calcium- und Magnesiumkarbonat befreiten Wasser mit Hilfe des Nessler'schen Reagens. Da in den von mir analysierten Keuperwässern Ammoniak überhaupt nicht nachweisbar war, fand die von Frankland und Armstrong vorgeschlagene Methode des quantitativen Nachweises auf kolorimetrischem Wege keine Anwendung.

Auf salpetrige Säure — das erste Oxydationsprodukt des aus stickstoffhaltigen, organischen Substanzen stammenden Ammoniaks — wurde in schwefelsaurer Lösung mit Jodzinkstärkelösung geprüft.

Die in geringen Spuren in einigen der von mir untersuchten Keuperwässer vorkommende Salpetersäure — das letzte Oxydationsprodukt stickstoffhaltiger organischer Substanzen — wurde mittelst der Indigomethode nachgewiesen.

Beiträge zur Kenntnis der hydrographischen Verhältnisse des bayrischen Waldes.

Von Carl Metzger.

Von den drei grossen Gebirgssystemen, die Mitteleuropa beherrschen, erstreckt sich über den nordöstlichen Teil Deutschlands das hercynische. Es wird im Wesentlichen gebildet aus zwei parallel laufenden Gebirgsrücken, die im Norden durch das Erzgebirge, im Süden durch das mährische Gebirge verbunden sind. Bestimmt durch die Längenausdehnung der zwei Hauptketten läuft die Hauptrichtung des Systems von S.O. nach N.W., während in den Bindegliedern die dazu senkrechte Richtung von S.W. nach N.O. vorherrscht. Als Sudettenkette bezeichnet man die äussere Kette, das nordöstliche Randgebirge; die innere Kette, die eigentliche hercynische Kette ist der bayrisch-böhmische Wald, dessen auf Bayern fallender Teil, der südwestliche Abfall des Ganzen, wohl auch das ostbayrische Grenzgebirge genannt wird.

Dieses ostbayrische Grenzgebirge erstreckt sich nördlich zur Donau längs der Ostgrenze Bayerns bis zum Fichtelgebirge, von dem es eine kesselförmig-vertiefte Hochfläche an der oberen Naab und Wondreb trennt. In der Breite von der Landesgrenze bis zur gegenüberliegenden fränkischen Alb sich ausdehnend, ist im Wesentlichen das Naabthal als westliche Grenze anzunehmen. Die Chameraubucht teilt dies so begrenzte Gebiet in einen Teil, der alle nördlich zu jener Bucht gelegenen Urgebirgsteile bis zum Fichtelgebirge hin umfasst, und in einen andern, der im Süden jener Bucht alles einschliesst, was zwischen der Naab und der Donauvertiefung sowie der Landesgrenze liegt. Jener ist der Oberpfälzer, dieser der bayrische Wald. Der Zentralstock des bayrischen Waldes besteht aus rückenförmig ausgestreckten und so eine Kette bildenden Gebirgsteilen, welche im S.O. mit dem Dreisesselgebirge beginnen und sich in nördlicher resp. nordwestlicher Richtung im Moldauquellgebirge und im Lusengebirge fortsetzen. Alle drei sind Granitgebirge. In derselben Richtung reiht sich das Rachel- und Lakagebirge an, während nun das Gebirge etwas nach S.W. abrückt und sich im Arbergebirgsstock zu den grössten Massen

tskarte zur Hydrographie

bayrischen Waldes.



auftürmt. Vom Rachel an bis zum Keitersberg besteht das Gestein aus Gneiss. Nordwärts liegt dem Arberstock das Künische oder Ossergebirge vor, ein in seiner Längsrichtung von Gneissbildungen eingefasster Glimmerschieferstock. Von demselben zweigt südlich von Rittsteig ein Höhenzug ab, der die Verbindungmit dem nordwestlichen Vorsprung des bayrischen Waldes, dem Hohen Bogen, in dem hornblendereiche Gesteine vorherrschen, herstellt. In dem Vorderzug, dem Donaugebirge herrscht im S.W. Gneiss vor, auf diesen folgt im Ilzgebirge ein Granitstock, darauf über Hofkirchen, Roding, Deggendorf ein Gneissgebiet. Das Falkensteinergebirge, der nördliche Teil des Zuges, ist ein grosser Granitstock, nur einige Gneissinseln einschliessend. Das wellige Hügelland zwischen beiden ist das Pfahlgebirge, durchzogen von dem aus Quarzfelsen gebildeten Pfahle, der in der Regel gleichförmig zwischen dem begleitenden Nebengestein, das teils granitischer mehr aber noch gneissähnlicher Natur ist, eingelagert sich findet.

Im Oberpfälzer Wald kommt der grössere Teil des Urgebirges Gneissbildungen zu; grosse Granitstöcke bilden hier der Steinwald sowie der Tirschenreuther Wald. Als Vertreter der Glimmerschieferformation findet sich von Erbendorf bis Vohenstrauss Hornblendegestein, dem bei Erbendorf Serpentin benachbart ist. Die eisenhaltigen Säuerlinge Wiesau's liegen im Moor, das von Phyllit umgeben ist. Ebendaselbst findet sich auch Basalt, dessen Hauptmasse sich im Reichsforst und seiner westlichen Fortsetzung, den Waldecker Basaltbergen, konzentriert.

Kleine Kohlengebirgsschichten schliessen sich an dem Nordwestabhang des Oberpfälzer Waldes in der Gegend von Erbendorf an das Urgebirge an, ohne Vermittlung von Silur und Devon, die dem ganzen Gebiete fehlen. Nun folgen in unmittelbarer Reihenfolge am Westabhange Postcarbonschichten, bestehend aus tiefen Schichten des Rothliegenden mit Ausschluss von Kupferschiefer und Zechstein, abgelagert in Buchten längs des ganzen Westrandes von Weidenberg bis Donaustauf.

Aelteres Triasgestein, Bundsandstein und Muschelkalk kommen nur als Ausläufer der Triasbildungen Thüringen's vor, während Keuper die Unterlage der westwärts angelagerten jurassischen Bildungen ist und dem Urgebirge bis zu dessen scharfer Ecke beim Keilberg bei Regensburg folgt. Immer jüngere Bildungen reihen sich nun an, besonders in südlicher Richtung jurassische

Procaenbildungen, welch' letztere in den Kesseln der Regensburger Gegend mächtige Ablagerungen bilden. Tertiäre Ablagerungen finden sich vorzüglich in der oberen Donauhochebene, dem Egerschen Becken und der Naab-Wondreb-Hochebene.

Das Bestreben, das im Vorausgehenden in seinem Wesen der Entwicklung geschilderte bayrische Waldgebirge, diesen mächtig entwickelten Mittelgebirgszug in seinen bedeutungsvollen hydrographischen Verhältnissen näher vom chemischen Standpunkte aus zu studieren, veranlasste die im Nachstehenden in ihren Einzelnheiten beschriebenen Untersuchungen vorzunehmen, welche beabsichtigen, die Beschaffenheit der Quellen des bayrischen Waldes, die der Flüsse und Seen und nicht minder der Mineralquellen festzustellen, wobei selbstverständlich das bereits in dieser Richtung bekannte mit eingeschlossen wurde.

Den Herren Medizinalrat Dr. Hofmann, Regensburg,
k. Forstmeister Hubrik, Kötzting,
k. Forstmeister Klein, Rabenstein,
k. Forstmeister Prenner, Zwiesel,
k. Forstmeister Schmitt, Eslarn,
Professor Dr. Heut, Augsburg,
k. Hüttenverwalter Benedikt, Bodenmais,
Apotheker Leixl, Regensburg, sowie
Herrn Baron v. Notthafft, Freiherr von Weissenstein, Besitzer des k. Ottobades Wiesau,
welche mich bei meiner Arbeit durch gütige Beschaffung der zu den Analysen nötigen Wassermenge bereitwilligst unterstützten, möchte ich auch an dieser Stelle hiefür meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Reich an Quellen, Bächen und Flüssen ist der bayrische Wald; geringer die Zahl der an und für sich nicht grossen Seen. Im ganzen treten der entschiedenen Längsausdehnnng entsprechend, zwei Hauptabdachungen und damit zwei Hauptthalbildungen auf, deren Wasserscheide die Hauptkammhöhe des Gebirges bildet. Die nordöstliche Abdachung sendet ihre Wasser der Elbe, die südwestliche der Donau. Das Wassergebiet des bayrischen Waldes gehört also dem der Donau an, ein Wassergebiet, das neben grösseren Waldflüssen zahlreiche Bäche umfasst. Als solch' grössere Flüsse sollen der Regen, die Naab und die Ilz genannt werden.

Der Ursprung des kleinen wie des grossen Regens fällt in böhmisches Gebiet, beide vereinigen sich bei Zwiesel zum schwarzen Regen, der nun in nordöstlichem Lauf gegen Kötzting fliesst. Unterhalb Kötzting nimmt er den dem kleinen Arber entspringenden weissen Regen auf, setzt nun als Regen in östlicher Richtung gegen Stöfling seinen Lauf fort, um hier in einem Winkel in südlicher Richtung gegen die Donau abzubiegen, mit der er sich bei Regensburg vereinigt. Das Fichtelgebirge, die Waldsasser Berge, der Oberpfälzer Wald senden ihre Wasser der Naab zu, die sich aus Wald-, Heide- und Fichtel-Naab zusammensetzt. Ihr Lauf geht von N. nach S., und nimmt sie in diesem Lauf als linke Nebenflüsse die Luhe, die Pfreimt und die Schwarzach auf, als rechten, die der Fränkischen Alb entströmende Vils. Etwas donauaufwärts von Regensburg mündet sie in die Donau. Auf der ganzen Ausdehnung von Regensburg bis Passau erhält die Donau seitens des bayrischen Waldes nur kleinere Nebenflüsse. Die Ilz, welche sich aus der dem Zentralgebirge entspringende kleinen und grossen Ohe, sowie der Rinchnacher Ohe, die ihren Ursprung im Mittelgebirge hat, zusammensetzt, hat ebenfalls südlichen Lauf, um bei Passau der Donau zuzufliessen, die hier als rechten Nebenfluss den Inn, etwas donauaufwärts bei Vilshofen die Vils, und unterhalb Deggendorf die Isar aufnimmt.

A. Wasser der Quellen und Seen.

I. Wasser aus der Grundgneissformation.

In der mächtigen Gruppe des hercynischen Gneissstockwerkes des grossen Arbers sind die liegenden Gneissschichten vorwiegend Dichroitgneisse; die hängenden Schuppengneisse, die mittleren quarzreichen Körnelgneisse. Der Dichroitgneiss findet eine grosse Ausdehnung von Kötzting bis Markt Regen und sind in ihm Einlagerungen charakteristisch, die besonders bei Bodenmais als Schwefelmetalle auftreten und daselbst verarbeitet werden. Der leicht verwitternde Schuppengneiss zeigt im sogenannten Lammer-Winkel, der zwischen dem Arber und künischen Gebirge liegt und vom weissen Regen durchflossen wird, eine grössere Verbreitung. Der Körnelgneiss, beständig im Gegensatze zu erstem, setzt die Masse des Arbergipfels zusammen und findet hier seine Hauptverbreitung.

Aus diesen drei Gneissvarietäten treten Quellen zu Tage und fallen in ihr Gebiet auch einige Seen. So entspringt dem kleinen Arber die kleine Arberquelle, deren Wasser etwas dunkel ist. Der grosse Arbersee liegt in einer Höhe von 934 m am Fusse des grossen Arbers; nördlich davon liegt 920 m hoch der kleine Arbersee. Die Wasser dieser Gebirgsseen sind dunkel gefärbt; die Seen zeigen an ihrem Rand häufig Torfbildungen. Da alle diese Quellen dem Körnelgneiss entspringen, so möge zunächst die Analyse eines solchen (Analyse I), sowie eines Dichroitgneisses (Analyse II) angeführt werden. Dieselben finden sich in Gümbel's Beschreibung des ostbayrischen Grenzgebirges, pag. 233 resp. 263.

	I. %	II.
SiO_2	74,175	71,426
TiO_2	0,625	1,002
P_2O_5	Spur	—
Al_2O_3	8,437	11,200
MgO	Spur	0,036
FeO	2,144	4,311
Fe_2O_3	5,981	4,489
FeS	0,212	0,310
CaO	1,750	0,560
BaO	Spur	Spur
K_2O	4,593	4,544
Na_2O	1,455	1,080
H_2O	0,312	0,662
Summa:	99,684	99,620.

In 1000 ccm Wasser der kleinen Arberquelle fand ich:
Trockenrückstand 0,02455.
Sauerstoff erforderlich zur Oxydation 0,004.

	gr			gr
NaCl	0,00423	oder	Na_2O	0,00336
K_2SO_4	0,00517		K_2O	0,00410
$CaCO_3$	0,00354		CaO	0,00196
$MgCO_3$	0,00159		MgO	0,00076
SiO_2	0,00460		Cl	0,00257
Fe_2O_3 / Al_2O_3	0,00043		SO_3	0,00238
Na_2O	0,00112		SiO_2	0,00460
K_2O	0,00159		CO_2 geb.	0,00237
			Fe_2O_3 / Al_2O_3	0,00043
Summa:	0,02227		Summa:	0,02253.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten

	%
Na_2O . .	15,91
K_2O . .	18,20
CaO . .	8,70
MgO . .	3,37
Cl . . .	11,40
SO_3 . . .	10,56
SiO_2 . .	20,42
Fe_2O_3 / Al_2O_3 .	1,91
CO_2 geb. .	10,28
Summa:	100,75.

In 1000 ccm sind enthalten:

Kleiner Arbersee:		Grosser Arbersee:
0,0240 . .	Trockenrückstand . . .	0,0287.
0,00505 . .	Sauerstoff erforderlich .	0,00755.

1000 cm enthalten:

	gr	
NaCl . .	0,002542	0,002532
Na_2SO_4 .	0,003100	0,000772
K_2SO_4 . .	0,000748	0,001788
$CaSO_4$ . .	0,001759	0,002420
$CaCO_3$ . .	0,002279	0,001936
$MgCO_3$ . .	0,002835	0,003068
SiO_2 . . .	0,003750	0,004000
Fe_2O_3 / Al_2O_3 .	0,000725	0,000900
Summa:	0,017738	0,017416.

Dies entspricht im Liter:

	gr	
Na_2O . .	0,002694	0,002210
K_2O . . .	0,000404	0,000966
CaO . . .	0,002000	0,002080
MgO . .	0,001350	0,001080
Cl . . .	0,001543	0,002144
SO_3 . . .	0,003125	0,002480
SiO_2 . .	0,003750	0,004000
Fe_2O_3 / Al_2O_3 . .	0,000725	0,000900
CO_2 . . .	0,002483	0,002040
Summa:	0,018074	0,017900.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	%	%
Na_2O . .	14,91	12,34
K_2O . .	2,24	5,40
CaO . .	11,07	11,62
MgO . .	7,47	6,03
Cl . . .	8,54	12,26
SO_3 . . .	17,30	13,86
SiO_2 . .	20,75	22,36
Fe_2O_3 Al_2O_3 . .	4,01	5,02
CO_2 geb. .	13,74	11,40
Summa:	100,03	100,29.

Noch wurden 3 Quellen untersucht, die ebenfalls aus Gneissvarietäten zu Tage treten, und sind in 1000 ccm enthalten:

Hintere Bräuhausquelle:		Wildauruckquelle:
0,0160 . .	Trockenrückstand . . .	0,0248.
0,0016 . .	Sauerstoff erforderlich . .	0,009.

	gr	
NaCl . .	0,00363	0,00382
K_2SO_4 . .	0,00363	0,00356
$CaCO_3$ . .	0,00193	0,00283
$MgCO_3$ . .	0,00095	0,00218
SiO_2 . . .	0,00456	0,00572
Fe_2O_3 Al_2O_3 . .	0,00028	0,00029
Na_2O . .	0,00089	0,00053
K_2O . . .	0,00090	0,00068
Summa:	0,01677	0,01961.

Dies entspricht im Liter:

	gr	
Na_2O . .	0,00269	0,00256
K_2O . . .	0,00305	0,00260
CaO . . .	0,00108	0,00159
MgO . .	0,00045	0,00104
Cl . . .	0,00220	0,00232
SO_3 . . .	0,00166	0,00164
SiO_2 . . .	0,00456	0,00572
Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	0,00028	0,00029
CO_2 geb. .	0,00135	0,00238
Summa:	0,01732	0,02014.

100 Teile Rückstand enthalten:

	%	%
Na_2O . .	15,53	12,72
K_2O . .	17,61	12,91
CaO . .	6,23	7,89
MgO . .	2,59	5,16
Cl . . .	12,71	11,52
SO_3 . . .	9,96	8,14
SiO_2 . .	26,35	28,41
Fe_2O_3 / Al_2O_3 . .	1,61	1,44
CO_2 geb. .	7,79	11,82
Summa:	100,38	100,01.

Die Wildauruckquelle sowie die hintere Bräuhausquelle liegen in der Gegend von Bodenmais, hier tritt im Dietroitgneiss intensiv gefärbter Magnesiaglimmer mit einem Magnesiagehalt von 22 % auf, woher auch der erhöhte Magnesiagehalt in obiger Quelle kommen dürfte. Dem andererseits erhöhten Feldspathgehalt, der in seiner Zusammensetzung mehr Kali wie Natron zeigt, liegt wohl auch der Kalireichtum der hinteren Bräuhausquelle, sowie der des Falkensteinerbrunnens zu Grunde. So fand ich in

1000 ccm Wasser des Falkensteinerbrunnens:

Trockenrückstand 0,0191
erforderlicher Sauerstoff 0,00185.

	gr			gr
NaCl . . .	0,002543	oder	Na_2O . .	0,001620
K_2SO_4 . .	0,003532		K_2O . .	0,001908
Na_2SO_4 . .	0,000619		CaO . .	0,001550
$CaCO_3$ . .	0,002768		MgO . .	0,001250
$MgCO_3$ . .	0,002625		Cl . . .	0,001543
SiO_2 . . .	0,003300		SO_3 . .	0,001970
Fe_2O_3 / Al_2O_3 . .	0,000450		SiO_2 . .	0,003300
			Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	0,000450
			CO_2 geb. .	0,002953
Summa:	0,015837		Summa:	0,016544.

Es enthalten 100 Teile Rückstand:

	%
Na_2O . . .	9,79
K_2O . . .	11,53
CaO . . .	9,37
MgO . . .	7,55
Cl	9,33
SO_3 . . .	11,91
SiO_2 . . .	19,95
Al_2O_3 Fe_2O_3 } . .	2,72
CO_2 geb.. .	17,84
Summa:	99,99.

II. Wasser aus der hercynischen Glimmerschieferformation.

In dieser Formation sind es besonders zwei Gesteinsfacies, der „Hornblendeschiefer" und der „Glimmerschiefer", die in unserem Untersuchungsgebiet mit ziemlicher Mächtigkeit auftreten.

In Hohenbogen findet man Hornblendegesteine teils von körnigem Gefüge — Hornblendefels —, teils von schiefrigem Gefüge — Hornblendeschiefer —. In der unten angeführten Analyse I ist ein solcher Hornblendeschiefer aufgenommen, die Analyse findet sich in Gümbel pag. 341. Innig verbunden mit diesen beiden treten aber auch Diorite und Dioritschiefer in mancherlei Modifikationen auf, die sich von den ersteren durch zunehmenden Feldspathgehalt auszeichnen; ihre chemische Zusammensetzung ist nach Gümbel pag. 343 u. flg. folgende, wobei Analyse II einen Diorit vom Hohenbogen aus dem Eisenbahntunnel bei Furth betrifft, Analyse III einen Diorit von Hautzenberg bei Passau, und endlich Analyse IV die eines aus dem Further Diorit ausgesuchten Feldspathes ist.

Analysen:	I.	II.	III.	IV.
	%	%	%	%
SiO_2 . .	46,711	53,590	49,688	64,40
TiO_2 . .	2,810	0,910	0,937	23,07
Al_2O_3 .	4,313	9,600	10,291	—
FeO . .	18,070	15,620	MgO 7,089	0,27

Fe_2O_3 .	8,022	9,444	16,223	—
CaO . .	14,760	7,160	13,504	5,61
MgO .	2,044	Spur	—	—
Na_2O .	2,414	3,120	1,622	5,85
K_2O . .	—	Spur	—	0,96
Glühverlust + H_2O	0,500	0,233	0,500	—
MnO . .	—	0,017	0,022	—
Summa:	99,634	99,694	99,876	100,16.

Zwei Quellen gelangten aus diesem Gebiete zur Untersuchung: die des Seelbrunnens aus mittlerer Höhenlage des Hohenbogen und die des Diensthüttenbrunnens aus hoher Lage.

Es ergeben 1000 ccm:

Seelbrunnen: gr		Diensthüttenbrunnen: gr
0,0380 . .	Trockenrückstand . . .	0,0395
0,0015 . .	erfordern Sauerstoff . .	0,0030.

	gr		gr
NaCl . . .	0,004180	NaCl .	0,004450
KCl . . .	0,001142	Na_2SO_4	0,001385
K_2SO_4 . .	0,000456	K_2SO_4 .	0,002477
$CaSO_4$ . .	0,006273	$CaSO_4$.	0,009485
$CaCO_3$ . .	0,004441	$CaCO_3$.	0,000937
$MgCO_3$ . .	0,005250	$MgCO_3$.	0,002980
SiO_2 . .	0,012570	SiO_2 . .	0,009830
Fe_2O_3 Al_2O_3 . .	0,000710	Al_2O_3 Fe_2O_3 .	0,000670
Summa:	0,035022		0,032214.

Dies entspricht im Liter:

	gr	gr
Na_2O . . .	0,002220	0,003070
K_2O . . .	0,000966	0,001338
CaO . . .	0,005070	0,004430
MgO . . .	0,002500	0,001420
Cl	0,003080	0,002700
SO_3 . . .	0,004900	0,007500
SiO_2 . . .	0,012570	0,009830
Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	0,000710	0,000670
CO_2 geb. . .	0,004704	0,001976
Summa:	0,036720	0,032934.

100 Teile Rückstand enthalten:

	a) Seelbrunnen: %	b) Diensthüttenbrunnen: %
Na_2O . . .	5,90	9,32
K_2O	2,63	4,06
CaO	13,80	13,45
MgO	6,80	4,31
Cl	8,39	8,20
SO_3	13,35	22,78
SiO_2	34,22	29,85
Al_2O_3 Fe_2O_3 . . .	1,93	2,03
CO_2 geb. . .	12,81	5,87
Summa:	99,83	99,87.

Entsprechend der Zusammensetzung des Gesteins, das zu den kalkreichen der Hornblendereihe gehört, ist in diesem Wasser der Kalkgehalt ziemlich bedeutend; verglichen mit den Quellen der I. Abteilung hat sich dieser Gehalt, ebenso wie der Gesamtrückstand nahezu verdoppelt. Wesentlich geringer ist der Gehalt an Alkalien; aber immer findet sich neben Natron noch Kali, obwohl das Hauptgestein nur wenig davon enthält, bedingt wohl durch den ab und zu vorkommenden Orthoklas. So zeigt ja auch der Nadeldiorit von Wegscheid einen grösseren Kaligehalt (1 %), und der durch Verwitterung eines schwefelkiesreichen Dichroites hervorgegangene Oberpfälzer Schmirgel hat einen Kaligehalt von 2 %, den Gümbel ebenfalls den Beimengungen von Orthoklas zuschreibt. Der vermehrte Schwefelsäuregehalt ist wohl bedingt durch accessorische Beimengungen von Schwefelkies im Gestein. Unter sich verglichen sind die beiden Quellen des Hohenbogen ziemlich gleich; doch hat die niederer gelegene Quelle einen grösseren Kieselsäure- und einen kleinen Alkali-Gehalt, während bei der höher gelegenen das umgekehrte der Fall ist, da hier ein geringerer Kieselsäuregehalt sich findet, der Gehalt an Alkalien und Schwefelsäure aber etwas gestiegen ist. Völlige Übereinstimmung herrscht im Kalkgehalt.

Die Gesteine der Glimmerschieferfacies bestehen in den wechselnsten Verhältnissen aus verschiedenen Glimmerarten — besonders weissem bis grünem Kaliglimmer und braunem Magnesiaglim-

mer — und aus Quarz. Stets beigesellt sind chloritähnliche Materialien, im Oberpfälzer Wald meist 7 %, im Ossagebirge 3 %, so wie Granat und besonders in der Gegend des schwarzen und Teufel-Sees Andalusit. Das Wasser des schwarzen Sees wurde ebenfalls einer Analyse unterworfen, und ergab als Resultat:

in 1000 ccm:

Trockenrückstand	0,0620
erfordern Sauerstoff	0,00381.

	gr			gr
$NaCl$ . .	0,003815	oder	Na_2O . .	0,008910
K_2SO_4 . .	0,005785		K_2O . .	0,007810
Na_2O . .	0,006894		CaO . .	0,002000
K_2O . . .	0,004685		MgO . .	0,000760
$CaCO_3$ . .	0,003570		Cl . . .	0,002315
$MgCO_3$ . .	0,001596		SO_3 . .	0,002660
SiO_2 . . .	0,003080		SiO_2 . .	0,003080
Al_2O_3, Fe_2O_3 . .	0,000640		Al_2O_3, Fe_2O_3 . .	0,000640
			CO_2 geb. .	0,003410
Summa:	0,030065			0,030585.

100 Teile Rückstand enthalten:

	%
Na_2O . .	29,14
K_2O . .	25,57
CaO . . .	6,54
MgO . .	2,48
Cl . . .	7,56
SO_3 . . .	8,90
SiO_2 . . .	10,07
Fe_2O_3, Al_2O_3 . .	2,09
CO_2 geb. .	7,88
Summa:	100,23.

Der grosse und der kleine Arbersee zeigen nahezu gleiche Mengeverhältnisse in den in ihren Wässern gelösten festen Stoffen; anders der schwarze See, in dem sich eine noch grössere Menge von Alkalien angehäuft hat. Der so grosse Kaligehalt im schwarzen See lässt sich vielleicht durch das Vorherrschen von Glimmer

im Gestein erklären, kann doch der Kaligehalt in Glimmern bis zu 14 % steigen, wie Bischoff anführt.

III. Wasser aus der hercynischen Phyllitformation.

Gesteine dieser Formation finden sich im eigentlichen bayrischen Wald kaum vertreten, wohl aber im Oberpfälzer Wald und zwar in der Waldsasser Gegend, in der eine grosse Phyllitgruppe auftritt. Noch grössere Verbreitung entfaltet der Phyllit, besonders in den Varietäten des Flecken- und Quarz-Phyllites, in den Urgebirgsteilen des benachbarten Fichtelgebirges. Es liegen eine Anzahl von Analysen vor, sowohl der Gesteine als auch der ihnen entströmenden Quellen. Diese mögen hier zum Vergleiche mit den Verhältnissen des bayrischen Waldes angefügt werden. Es finden sich diese Analysen in v. Gümbel, das Fichtelgebirge 1879 pag. 161 und zeigen zunächst Proben von Phylliten folgende Zusammensetzung:

	I. %	II.
SiO_2, TiO_2	61,56	62,54
Al_3O_3	20,12	22,84
Fe_2O_3	2,87	—
FeO	3,40	3,89
CaO	0,71	0,18
MgO	1,58	1,22
Na_2O	1,92	1,38
K_2O	4,84	5,24
Glühverlust	3,15	3,48
Summa:	100,05	100,77
in HCl zersetzbar	11,14	13,27.

Aus Fleckenphyllit entspringt bei Zell aus der Gruppe des grossen Waldstein die Saale und fand E. Spaeth[1]) in 1000 ccm dieses Wassers:

	gr			gr
NaCl	0,00403	oder	Na_2O	0,00214
KCl	0,00142		K_2O	0,00090
$CaSO_4$	0,00132		CaO	0,00090

1) Inaugural-Dissertation, Erlangen 1889.

$CaCO_3$ . .	0,00050		MgO . . .	0,00170
$MgCO_3$ . .	0,00357		Cl	0,00311
SiO_2 . . .	0,00562		SO_3 . . .	0,00078
Fe_2O_3 / Al_2O_3 . . .	Spuren		SiO_2 . . .	0,00562
CO_2 geb. .	—		CO_2 geb. . .	0,00200
Summa:	0,01646			0,01715.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	%
Na_2O . . .	12,51
K_2O . . .	5,26
CaO . . .	5,26
MgO . . .	9,94
Cl	18,18
SO_3 . . .	4,56
SiO_2 . . .	32,90
Fe_2O_3 / Al_2O_3 . .	Spuren
CO_2 geb. . .	10,11
Summa:	99,72.

Die Eger tritt am Nordabhange der hohen Heide aus Quarzphyllit zu Tage, und sind nach E. Spaeth[1]) in 1000 ccm des Wassers enthalten:

	gr			gr
NaCl . . .	0,00494	oder	Na_2O . . .	0,00262
KCl . . .	0,00209		K_2O . . .	0,00132
$CaSO_4$ . .	0,00163		CaO . . .	0,00155
$CaCO_3$ . .	0,00140		MgO . . .	0,00061
$MgCO_3$ . .	0,00153		Cl	0,00389
SiO_2 . . .	0,00425		SO_3 . . .	0,00096
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	0,0006		SiO_2 . . .	0,00425
			Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	0,0006
			CO_2 geb. . .	0,0014
Summa:	0,01644			0,01720.

1) Inaugural-Dissertation, Erlangen 1889.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	%
Na_2O . . .	15,32
K_2O . . .	7,71
CaO . . .	9,06
MgO . . .	3,56
Cl	22,74
SO_3 . . .	5,61
SiO_2 . . .	24,85
Al_2O_3 } Fe_2O_3 } . .	3,50
CO_2 geb. .	8,18
Summa:	100,73.

Auch diese Wässer zeigen hohen Alkali- und Kieselsäure-Gehalt. Im Chlor- und Schwefelsäure-Gehalt verhalten sie sich umgekehrt wie die im Vorausgehenden geschilderten. Bei ersteren ist der Chlorgehalt kleiner, der der Schwefelsäure grösser; bei letzteren der Chlorgehalt dagegen grösser und der der Schwefelsäure kleiner. Wie schon E. Spaeth — auf einzelne früher ausgeführte Analysen gestützt — angibt, so zeigt sich auch bei vorliegender Analyse, dass der an und für sich für Kalk nicht sehr grosse Gehalt an diesem doch in den Urgebirgswässern des bayrischen Waldes bedeutender ist, wie in den entsprechenden des Fichtelgebirges, wofür auch noch die später angeführten Analysen aus den dem Granit entspringenden Quellen eine Bestätigung erbringen.

IV. Wasser der Granitgebiete.

Der grossen Verbreitung, die Granit innerhalb des bayrischen Waldes zeigt, wurde bereits in der Einleitung Erwähnung gethan. Man unterscheidet je nach Auftreten und Vorkommen Lager-, Stock- und Gang-Granit. Der mächtigste Granitgebirgsstock des Gebietes ist der des Dreisessel- oder Plöckensteiner-Gebirges und sind hier besonders die Varietäten des Krystallgranits und des Steinwaldgranits vertreten, denen sich in den Graniten der Ilzgruppe noch Passauer Waldgranit hinzugesellt. Erster ist grobkörnig, zeigt Ausscheidungen von Orthoklas, der zweite mittelgrobkörnig, aber ohne Ausscheidung von Orthoklas-Krystallen, der

dritte dagegen ist feinkörnig. Eine Analyse eines Krystallgranits von Tirschenreuth führt Gümbel[1]) an und mag derselben die eines Granits vom Schneeberg im Fichtelgebirge, die von A. Böttiger[2]) ausgeführt wurde, gegenüber gestellt werden.

	Krystallgranit des Tirschenreuther Waldes.	Granit vom Schneeberg.
	%	
SiO_2 . .	75,45	75,25
Al_2O_3 . .	9,94	13,36
Fe_2O_3 } .	6,54	0,28
FeO }		1,23
CaO } .	0,35	0,65
MgO }		0,02
Na_2O . .	1,10	2,91
K_2O . .	5,46	4,55
Li_2O . .	—	Spur
H_2O . .	—	0,64
TiO_2 . .	1,00	Spur
Summa:	99,73	98,99.

Neben einer dem Granit bei Rabenstein entspringenden Quelle, dem Rabensteinbrunnen, möchte ich auch die Naabquelle, die dem Granit des Fichtelgebirges entströmt, anführen.

In 1000 ccm Wasser der Naab fand E. Späth:

	gr			gr
$NaCl$ . .	0,00585	oder	Na_2O . . .	0,00324
Na_2SO_4 . .	0,00032		K_2O . . .	0,00143
K_2SO_4 . .	0,00261		CaO . . .	0,00070
$CaSO_4$ . .	0,00050		MgO . . .	0,00044
$CaCO_3$ . .	0,00090		Cl	0,00355
$MgCO_3$ . .	0,00091		SO_3 . . .	0,00150
SiO_2 . . .	0,00800		SiO_2 . . .	0,00800
Fe_2O_3, Al_2O_3 } .	0,00036		Fe_2O_3, Al_2O_3 } . .	0,00036
			CO_2 geb. . .	0,00086
Summa:	0,01978		Summa:	0,02008.

1) v. Gümbel, Ostbayrisches Grenzgebirge, pag. 298.

2) Inaugural-Dissertation, Erlangen 1889.

100 Teile Rückstand enthalten:

	%
Na_2O . .	16,20
K_2O . .	7,15
CaO . . .	3,50
MgO . .	2,20
Cl . . .	17,75
SO_3 . . .	7,50
SiO_2 . .	40,00
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	1,80
Co_2 geb. .	4,33
Summa:	100,43.

1000 ccm Wasser des Rabensteinbrunnens enthielten nach der von mir ausgeführten Analyse:

Trockenrückstand 0,01970
erforderlich Sauerstoff 0,00042.

	gr			gr
NaCl . .	0,002280	oder	Na_2O . .	0,0012098
KCl . .	0,001150		K_2O . .	0,0019070
K_2SO_4 . .	0,002193		CaO . .	0,0022500
$CaSO_4$ . .	0,002273		MgO . .	0,0010750
$CaCO_3$.	0,001314		Cl . . .	0,0019300
$MgCO_3$.	0,002257		SO_3 . . .	0,0023500
SiO_2 . .	0,006375		SiO_2 . .	0,0063750
Al_2O_3 / Fe_2O_3 .	0,000510		Al_2O_3 / Fe_2O_3 .	0,0005100
			Co_2 geb. .	0,0022130
Summa:	0,018352		Summa:	0,0198198.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	%
Na_2O . . .	6,10
K_2O . . .	9,60
CaO . . .	11,35
MgO . . .	5,42
Cl	9,73
SO_3 . . .	11,86
SiO_2 . . .	32,16
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	2,58
CO_2 geb. .	11,19
Summa:	99,99.

Schon am Schlusse der vorhergehenden einzelnen Abschnitte ist auf das Gleichsein, resp. die Verschiedenheit in der Gehaltszusammensetzung der Wässer hingewiesen worden. Als besonderes Charakteristikum sämtlicher Urgebirgsquellen wäre hervorzuheben die sehr geringe Menge von Trockenrückstand, der hohe Alkali- und Kieselsäuregehalt; sodann, dass die Wässer des bayrischen Waldes zur Oxydation organischer Stoffe so viel Permanganat resp. Sauerstoff verbrauchen, was in einem gewissen Widerspruch zu stehen scheint mit ihrer sonstigen Reinheit in chemischer Beziehung. Bekanntlich sind aber die meisten Wässer des bayrischen Waldes dunkel gefärbt. Reich entwickelter Humus und grosse Mooransdehnungen ermöglichen dem an Alkalien reichen Wasser humusartige Stoffe aufzulösen, diese bewirken die Färbung und erfordern den Sauerstoff. Sind doch häufig so viel Alkalien in den Wässern enthalten, dass die Säuren in denselben nicht ausreichen, um diese Basen als Salze zu binden. Ob die freien Basen als lösliche Silicate, ob als Carbonate oder an humusartige Stoffe gebunden in Lösung waren, ist nicht entschieden worden und ist in den Analysen, was an Salzsäure resp. an Schwefelsäure nicht mehr gebunden werden konnte, als Oxyd eingetragen.

Wie verschieden der Gehalt der Urgebirgswässer, verglichen mit dem anderer Formationen, sich zeigt, dazu als Beweis vorstehende Tabelle. Die Zahlen stellen die Mittelwerte des in 100

Zusammenstellung der Wasser

100 Teile Rück-

	Na_2O Prozent	K_2O Prozent	CaO Prozent	MgO Prozent	Cl Prozent	SO_3 Prozent
					I. Grundgneiss-	
Kleine Arber-Quelle	15,91	18,20	8,70	3,37	11,40	10,56
Kleiner Arbersee	14,91	2,24	11,07	7,49	8,54	17,30
Grosser Arbersee	12,34	5,40	11,62	6,03	12,26	13,76
Wildaueruckquelle	12,72	12,91	7,89	5,16	11,52	8,14
Hintere Bräuhausquelle	15,53	17,61	6,23	2,59	12,71	9,96
Falkensteinerbrunnen	9,79	11,58	9,87	7,55	9,33	11,91
				II. Hercynische Glimmer-		
					A. Facies der	
Seelbrunnen	5,90	2,63	18,80	6,80	8,39	18,85
Diensthüttenbrunnen	9,32	4,06	13,45	4,31	8,20	22,78
					B. Facies des	
Schwarzer See	29,14	25,57	6,54	2,48	7,56	8,90
					III. Hercynische	
Saale	12,51	5,26	5,26	9,94	18,18	4,56
Eger	15,32	7,71	9,06	3,56	22,74	5,61
					IV. Granit-	
Rabensteinbrunnen	6,10	9,60	11,35	5,42	9,73	11,86
Naab	16,20	7,15	3,50	2,20	17,75	7,50

aus dem Urgebirgsgebiete.

stand enthalten:

SiO_2 Prozent	Al_2O_3 Fe_2O_3 Prozent	CO_2 Prozent	Trocken-rückstand in 1000 ccm gr	erforderlicher Sauerstoff zur Oxydation der organ. Subst.	Summa der Prozente
formation.					
20,42	1,91	10,28	0,0245	0,00400	100,75
20,75	4,01	13,74	0,0240	0,00505	100,03
22,36	5,02	11,40	0,0287	0,00755	100,29
28,41	1,44	11,82	0,0248	0,00900	100,01
26,35	1,61	7,79	0,0160	0,00160	100,38
19,95	2,72	17,84	0,0191	0,00185	99,99
schieferformation.					
Hornblende.					
34,22	1,93	12,81	0,0380	0,00150	99,83
29,85	2,03	5,87	0,0395	0,00300	99,87
Glimmerschiefers.					
10,07	2,09	7,88	0,0600	0,00381	100,23
Phyllitformation.					
32,90	Spur	10,11	0,0223	Spur. org. Subst.	99,72
24,85	3,50	8,18	0,0212		100,73
gebiet.					
32,16	2,58	11,19	0,0191	0,00042	99,99
40,00	1,80	4,33	0,0244	—	100,43

Teilen Rückstand gefundenen Prozentgehalts vor und zwar einerseits aus neun Wässern der Triasformation, die sich in E. Späth's Arbeit pag. 71 finden, andererseits aus den gleichen Werten von Wasser aus dem Urgebirge und den drei Seen.

Vergleichende Tabelle der %-Zusammensetzung von 100 Teilen Rückstand in den Wässern:

	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Cl	SiO_2	SO_3
der Triasformation	3,24	4,29	29,74	9,0	4,15	7,09	16,27
der Urgebirgs-Quellen	11,50	9,70	9,00	5,1	12,00	28,90	8,62
der Seen	18,47	11,07	10,10	6,0	7,02	17,73	16,60.

Das Mittel im Trockenrückstand eines Liters ist in den Wässern

aus der Trias 0,2481

aus dem Urgebirge 0,0287.

B. Wasser der Flüsse.

1. Regen.

Der Regen, der grösste den bayrischen Wald durchströmende Fluss, setzt sich zusammen aus dem schwarzen und dem weissen Regen, beide vereinigen sich etwas unterhalb Kötzting. Drei dem kleinen Arber entspringende Bäche setzen direkt nördlich ihren Lauf fort und vereinigen sich bei Sommerau zum weissen Regen, der nun im wesentlichen in westlicher Richtung, den Lammer Winkel durchfliessend, seinen Lauf fortsetzt und von Sommerau bis Hundszell die Grenze zwischen Schuppengneiss und Perlgneiss bildet. Südlich zu seinem Lauf ist im Arberstock der Perlgneiss, nördlich eine schmale Zone von Schuppengneiss vorgelagert. Was ihm an Bächen noch zufliesst, kommt hauptsächlich aus Perlgneiss. Bei Weissenregen trifft sich der weisse Regen mit dem schwarzen Regen, letzterer nimmt als grosser und kleiner Regen seinen Ursprung auf böhmischem Gebiet.

Nördlich von Böhmisch Eisenstein entspringt der grosse Regen aus einem Gebiet, in dem Gneiss, Granit und Glimmerschiefer benachbart sind. Etwas unterhalb von Böhmisch Eisenstein erhält er einen Zufluss aus dem Teufelsee, fliesst dann südlich bis Zwiesel durch die verschiedenen Gneissvarietäten. Der kleine Regen nimmt seinen Ursprung am Rachelberg und liegt sein Ursprung sowie sein Oberlauf im Gneissgebiet. Später durchläuft er Stellen, in denen Gneiss und Granit sich berühren, eine Beobachtung, die häufig gemacht werden kann, da die Wasser leicht eine Bahn an solchen Berührungsschichten finden. Seine Hauptrichtung ist eine westliche. Bei Zwiesel vereinigen sich beide, der grosse und der kleine Regen, zum schwarzen Regen, der nun in häufig und stark gewundenem Lauf in nordwestlicher Richtung durch das Dichroitgneissgebiet, das sich von Kötzting bis Marktregen erstreckt, gegen Kötzting hinfliesst und seine linken Nebenflüsse mehr aus Granit, seine rechten mehr aus Gneiss erhält. Zu ziemlich gleicher Zeit wurden diesen Wässern Proben entnommen und zwar dem grossen und dem kleinen Regen oberhalb Zwiesel und fand ich

in 1000 ccm Wasser des

	Kleinen Regen:	Grossen Regen:
	gr	gr
NaCl . . .	0,003823	0,005094
K_2SO_4 . . .	0,003220	0,004350
Na_2SO_4 . . .	0,002240	—
$CaSO_4$ . . .	—	0,001495
$CaCO_3$ . . .	0,005357	0,004607
$MgCO_3$ . . .	0,003024	0,002856
SiO_2	0,008120	0,006900
Al_2O_3 Fe_2O_3 . . .	0,001320	0,000720
Summa:	0,027104	0,026022.

0,0306 . .	Trockenrückstand . . .	0,0326
0,00421 . .	Sauerstoff erforderlich . .	0,00454.

Dies entspricht in einem Liter:

	gr	gr
Na_2O . . .	0,00300	0,00270
K_2O	0,00174	0,00235
CaO	0,00300	0,00320
MgO . . .	0,00144	0,00136
Cl	0,00232	0,00308
SO_3	0,00274	0,00288
SiO_2	0,00812	0,00690
Al_2O_3 Fe_2O_3 . . .	0,00132	0,00072
CO_2 geb. . .	0,00394	0,00353
Summa:	0,02762	0,02672.

100 Teile Rückstand enthalten

	Kleiner Regen:	Grosser Regen:
	%	
Na_2O . .	10,86	10,10
K_2O . .	6,30	8,80
CaO . .	10,86	11,98
MgO . .	5,21	5,09
Cl . . .	8,40	11,53
SO_3 . . .	9,92	10,77
SiO_2 . .	29,41	25,82
Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	4,78	2,70
CO_2 geb. .	14,27	13,21
Summa:	100,01	100,00.

Der schwarze Regen in einer unterhalb Zwiesel entnommenen Probe zeigt

in 1000 ccm:

	gr			gr
$NaCl$ . . .	0,004220	oder	Na_2O . .	0,00224
KCl . . .	0,001090		K_2O . .	0,00201
K_2SO_4 . .	0,002440		CaO . .	0,00300
$CaSO_4$ . .	0,002170		MgO . .	0,00144
$CaCO_3$ . .	0,003946		Cl . . .	0,00308
$MgCO_3$ . .	0,003042		SO_3 . . .	0,00240
SiO_2 . . .	0,008320		SiO_2 . .	0,00832
Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	0,001000		Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	0,00100
			CO_2 geb. .	0,00332
Summa:	0,026210			0,02681.

Trockenrückstand 0,03240 gr
erfordern Sauerstoff 0,00404 gr.

100 Teile Rückstand enthalten:

	%
Na_2O . . .	8,35
K_2O . . .	7,50
CaO . . .	11,19
MgO . . .	5,37
Cl	11,56
SO_3 . . .	8,95
SiO_2 . . .	31,00
Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	3,72
CO_2 geb. .	12,38
Summa:	100,02.

In 1000 ccm des weissen Regen oberhalb Kötzting fand ich:

	gr			gr
$NaCl$ . . .	0,005094	oder	Na_2O . .	0,003580
K_2SO_4 . .	0,004467		K_2O . .	0,002414
Na_2SO_4 . .	0,001555		CaO . .	0,003820
$CaSO_4$ . .	0,003668		MgO . .	0,001600
$CaCO_3$ . .	0,004125		Cl . . .	0,003090
$MgCO_3$ . .	0,003360		SO_3 . .	0,004890
SiO_2 . . .	0,010180		SiO_2 . .	0,010180
Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	0,001000		Al_2O_3 Fe_2O_3 .	0,001000
			CO_2 geb.	0,003576
Summa:	0,033449			0,034150.

Trockenrückstand 0,0366. Sauerstoff erforderlich 0,0068.

100 Teile Rückstand enthalten:

	%
Na_2O . . .	10,48
K_2O . . .	7,07
CaO . . .	11,19
MgO . . .	4,68
Cl	9,05
SO_3 . . .	14,31
SiO_2 . . .	29,80
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	2,93
CO_2 geb. .	10,47
Summa:	99,98.

Eine Probe aus dem Regenfluss bei Pulling — Gemeinde Blaibach — entnommen, ergab in 1000 ccm folgendes Resultat:

Trockenrückstand 0,0510 gr
Sauerstoff erforderlich 0,0076 gr.

	gr			gr
NaCl . . .	0,005076	oder	Na_2O . .	0,004180
K_2SO_4 . .	0,004913		K_2O . .	0,002654
Na_2SO_4 . .	0,003413		CaO . .	0,004700
$CaCO_3$ . .	0,008393		MgO . .	0,002300
$MgCO_3$ . .	0,004830		Cl . . .	0,003080
SiO_2 . . .	0,012340		SO_3 . .	0,004180
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	0,000960		SiO_2 . .	0,012340
			Al_2O_3 / Fe_2O_3 .	0,000960
			CO_2 geb. .	0,006226
Summa:	0,039925			0,040620.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	%
Na_2O . . .	10,29
K_2O . . .	6,53
CaO . . .	11,57
MgO . . .	5,66
Cl . . .	7,59
SO_3 . . .	10,29
SiO_2 . . .	30,38
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	2,36
CO_2 geb. .	15,33
Summa:	100,00.

Diese Wasser waren vollkommen klar, aber mehr oder weniger stark gefärbt. Wasser der Defernik, eines Nebenflusses des grossen Regens, des weissen Regens bei Sommerau, sowie des diesem bei Lohberg zufliessenden Perlesbaches konnte leider wegen der kleinen Menge des eingesandten Wassers nur auf organischer Substanz und qualitativ geprüft werden und zeigte hierin mit den qualitativ und quantitativ untersuchten Uebereinstimmung.

Von Kötzting bis Cham fliesst der Regen noch durch Gneiss, nimmt hier als Nebenfluss die dem Hohenbogen entspringende Chamb auf, durchläuft sodann von Chamb bis Roding ein ziemlich breites quartär und novär Gebiet, um dann in das mächtige Granitgebiet der Falkensteingruppe einzubrechen, in dem er etwas westlich von Stöfling seinen bisher westlichen Lauf abbricht und ein scharfes Eck bildend direkt südlich der Donau zuläuft. Bei Regenstauf verlässt der Regen das Granitgebiet und fliesst bis Stadtamhof durch jüngere jurassische-Quartär-Bildungen. Etwas oberhalb seiner Mündung bei Stadtamhof in die Donau wurde eine Probe entnommen, es enthielten hier

1000 ccm Wasser des Regens:

	gr			gr
NaCl . . .	0,007632	oder	Na_2O . .	0,00552
K_2SO_4 . .	0,008852		K_2O . .	0,00660
Na_2O . . .	0,001470		CaO . .	0,00750
$CaCO_3$ . .	0,013400		MgO . .	0,00270
$MgCO_3$ . .	0,005670		Cl . . .	0,00463
SiO_2 . . .	0,010200		SO_3 . . .	0,00407
Al_2O_3 } Fe_2O_3 } . .	0,000470		SiO_2 . .	0,01020
K_2O . . .	0,001820		Al_2O_3 } Fe_2O_3 } . .	0,00047
			CO_2 geb. .	0,00886
Summa:	0,049514			0,05055.

Trockenrückstand 0,05400 gr.
Sauerstoff erforderlich 0,00741 gr.

Der

In 1000 ccm sind enthalten	NaCl	KCl	K_2SO_4	Na_2SO_4	$CaSO_4$
Grosser Regen	0,005094	—	0,004350	—	0,001495
Kleiner Regen	0,003823	—	0,003220	0,002240	—
Schwarzer Regen	0,004220	0,001090	0,002440	—	0,002170
Weisser Regen	0,005094	—	0,004467	0,001555	0,003668
Regen bei Pulling	0,005076	—	0,014913	0,003413	—
Regen bei Regensburg	0,007632	K_2O 0,001820	0,008852	Na_2O 0,001470	—

Dies entspricht in

	Na_2O	K_2O	CaO	MgO
Grosser Regen	0,00270	0,002350	0,00320	0,00136
Kleiner Regen	0,00300	0,001740	0,00300	0,00144
Schwarzer Regen	0,00224	0,002010	0,00300	0,00144
Weisser Regen	0,00358	0,002414	0,00382	0,00160
Regen bei Pulling	0,00418	0,002654	0,00470	0,00230
Regen bei Regensburg	0,00552	0,006600	0,00750	0,00270

In 100 Teilen Rück-

	Na_2O	K_2O	CaO	MgO
Grosser Regen	10,10	8,80	11,98	5,09
Kleiner Regen	10,86	6,30	10,86	5,21
Schwarzer Regen	8,35	7,50	11,19	5,37
Weisser Regen	10,48	7,07	11,19	4,68
Regen bei Pulling	10,29	6,53	11,57	5,66
Regen bei Regensburg	10,91	13,05	14,84	5,34

Regen.

$CaCO_3$	$MgCO_3$	SiO_2	Al_2O_3 Fe_2O_3	erfordern Sauerstoff zur Oxydat. der org. Subst.	Summa	Trocken-rückstand
0,004607	0,002856	0,006900	0,000720	0,00540	0,026022	0,03260
0,005357	0,003024	0,008120	0,001820	0,00421	0,027104	0,03060
0,003946	0,003024	0,008320	0,001000	0,00404	0,026210	0,03240
0,004125	0,003360	0,010180	0,001000	0,00680	0,033449	0,03660
0,008393	0,004830	0,012340	0,000960	0,00760	0,039925	0,05100
0,013400	0,005670	0,010200	0,000470	0,00741	0,049514	0,05400

einem Liter:

Cl	SO_3	SiO_2	Al_2O_3 Fe_2O_3	CO_2 geb.	Summa
0,00308	0,00288	0,00690	0,00072	0,003530	0,02672
0,00232	0,00274	0,00812	0,00132	0,003940	0,02762
0,00308	0,00240	0,00832	0,00100	0,003320	0,02681
0,00309	0,00489	0,01018	0,00100	0,003576	0,03415
0,00308	0,00418	0,01234	0,00096	0,006226	0,04062
0,00463	0,00407	0,01020	0,00047	0,008860	0,05055

stand sind enthalten:

Cl	SO_3	SiO_2	Al_2O_3 Fe_2O_3	CO_2 geb.	Summa
11,53	10,77	25,82	2,70	13,21	100,00
8,40	9,92	29,41	4,78	14,27	100,01
11,56	8,95	31,00	3,72	12,38	100,02
9,05	14,31	29,80	2,93	10,47	99,98
7,59	10,29	30,38	2,36	15,33	100,00
9,16	8,05	20,18	0,93	17,53	99,99

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	%		%
Na_2O . . .	10,91	SO_3 . . .	8,05
K_2O . . .	13,05	SiO_2 . . .	20,18
CaO . . .	14,84	Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	0,93
MgO . . .	5,34		
Cl	9,16	CO_2 geb. .	17,53
		Summa:	99,99.

Wohl weisen diese Analysenresultate einige Unterschiede auf, die, wäre das Wasser aus Quellen entnommen und einem bestimmten Gebiete entsprungen, zu bemerken wären. Ein anderes ist bei den Flüssen der Fall, erhalten sie doch ihr Wasser aus verschiedenen Gebieten und wird es nur der Gesamtcharakter sein, von dem man erwarten kann, dass er derselbe sei. Diesen Erwartungen entsprechen auch vorstehende, in den Analysen sowie in einer Tabelle zusammengestellten Resultate. Die Wasser bleiben stets Alkali und Kieselsäure reich, zeigen mässigen Kalkgehalt, der, sehen wir von Regen oberhalb Regensburg, wo er einen infolge des durchfliessenden Gebietes begreiflicherweise höheren Kalkgehalt zeigt, ab, zwischen den kalkreichsten und kalkärmsten Wässern nur um 1 % differiert. Ebenso gleichmässig ist der Magnesiagehalt, Chlor und Schwefelsäure sind einigen Schwankungen unterworfen. Ziehen wir nun das Mittel aus dem % Gehalt der Analysen dieser sechs Wasser und vergleichen es mit dem der Quellen, so verdient auch hier die ziemliche Uebereinstimmung hervorgehoben zu werden. Kali und Natron haben eine für beide gleiche Verminderung erlitten, der Kalkgehalt ist etwas gestiegen, der Chlorgehalt gesunken, Schwefelsäure ist gleich geblieben und nur klein ist der Unterschied im Kieselsäuregehalt. Ebenfalls im Mittel genommen zeigt der Trockenrückstand ein Wachsen von 0,0287 gr auf 0,0395 gr.

Vergleichende Tabelle des %-Gehaltes in 100 Teilen Rückstand

an	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Cl	SO_3	SiO_2
in dem Urgebirgs-Quellwasser	11,50	9,70	9,00	5,10	12,00	8,62	28,90
in dem Urgebirgs-Flusswasser	10,83	8,20	11,27	5,22	9,65	8,71	27,76.

Diese Uebereinstimmung erklärt sich daraus und ist aber auch umgekehrt ein Beweis dafür, dass der Regen die Hauptmenge seines Wassers nur aus dem Urgebirge erhält.

2. Naab und ihre Nebenflüsse.

Der Ursprung der Naab liegt teils im Fichtelgebirge, teils im Oberpfälzer Wald. Ersterem entspringt aus Granit am Fichtelberg die Fichtel- und die Heidenaab, letzterem bei Bärnau im Bärnauergranitstock die Waldnaab. Diese läuft von O. nach S.W., jene von W. nach S.O. und so treffen sich beide bei Neuhaus, fliessen als Waldnaab weiter bis zur Einmündung der Heidenaab etwas oberhalb Luhe. Die Vereinigung dieser drei Flüsse setzt nun als Naab ihren Lauf direkt südlich zur Donau hin fort, in welche sie etwas stromaufwärts von Regensburg mündet. Zahlreiche Nebenflüsse nimmt die Naab auf, welche sich, da ja die Naab als westlicher Grenzfluss des bayrischen Waldes betrachtet werden kann, wesentlich dadurch unterscheiden, dass die linken dem bayrischen Walde, die rechten aber der fränkischen Alb entspringen; nur jene jedoch sollen näher in Erwähnung gezogen werden, die einer chemischen Untersuchung unterworfen wurden.

Die Luhe entspringt aus Schuppengneiss nördlich von Waldthurn und finden sich in der Gegend, die sie bis zu ihrer Mündung in die Naab durchläuft, vorwiegend Gneiss, Granit, Syenitgneiss sowie etwas Hornblendegestein. Zwei grössere Bäche fliessen ihr zu, bei Leuchtenberg der Leeraubach, der ebenfalls in Schuppengneissgebiet zu Tage tritt und zunächst durch solchen fliesst, sodann kurze Zeit ein Gebiet durchläuft, in dem sich Hornblendegestein und Diorit finden, um dann in Granit zu treten und das Ende seines Laufes durch bunten Gneiss fortzusetzen. Etwa in der Mitte zwischen Leuchtenberg und Luhe mündet der Gleitsbach ein, im obern Lauf ebenfalls durch Schuppengneiss, im unteren und längeren aber durch Rothliegendes fliessend.

Das Rothliegende des oberpfälzer Waldes zeigt nach Gümbel folgende Schichtenfolge:

I. Oberes Rothliegendes:
   1. Albenreuther Konglomerat,
   2. Oberer Röthelschiefer.

II. Unteres Rothliegendes:
   A. Hauptrothliegendes,
   3. Grau-grüner Schiefer (eingeschlossene Porphyr),
   4. Rother Schiefer und Porphyrkonglomerat,

5. Weisslich-grauer Sandstein,
6. Bunte Konglomeratschichten,
7. Grauer Quarzkonglomerat.

B. Ueberkohlengebirgsschichten,

8. Hauptbrandschiefer, grau-grüne Sandsteinschichten,
9. Untere rothe Schiefer und Sandsteine,
10. Graurothliegende Schichten,
11. Grenzschichten aus hellgrünlich-grauem Sandstein mit Zwischenlagen von grauem Schieferthon.

Unterlage:

Oberste Kohlengebirgsschichten.

In der Bucht zwischen Luhe und Weiden zeigt das Rothliegende grosse Verbreitung. Die unmittelbare Unterlage der Kohlengebirgsschichten fehlt, doch zeigen sich Glieder der Postcarbonformation, so Brandschieferflötze, Walchien reicher grünlichgrauer Sandstein, welche wir als die ältesten anzusehen haben. Diese überragen, ohne dass Kohlenschichten sich anlegen, das Urgebirge. Porphyr tritt innerhalb des vom Rothliegenden oberflächlich eingenommenen Gebiets nicht zu Tage, mächtig jedoch etwas östlich von Weiden bei Tröchlersricht. In der eigentlichen Bucht sind im O. und S.O. nur Glieder des unteren Rothliegenden abgelagert, erst gegen die Mitte zu erheben sich mächtige Konglomeratmassen, hohe Gebirgsteile zwischen Weiden, Mantel, Kaltenbrunn, Freihung, Kohlberg und Luhe bildend. Auf die durch ihren Lauf in dieses Gebiet gehörende Luhe folgt als nächster linker Nebenfluss die bei Pfreimt einmündende Pfreimt, die gebildet wird aus dem Katharinen-, Netsch- und Rehlings-Bach. Der Ursprung des ersten fällt in Gneiss-, der des zweiten in Dichroit- und Perlgneiss-, der des dritten endlich in Granitgebiet. Der Pfrentschweiher, den diese drei früher durchflossen haben, ist trocken gelegt. Die vereinigte Pfreimt fliesst von diesem ab durch bunten Gneiss, in dem sich Inseln von Lagergranit finden. Eine Wasserprobe wurde der Pfreimt bei der Pfreimtbrücke entnommen, der Luhe etwas oberhalb Luhe und fand ich in je 1000 ccm Wasser:

	Luhe:	Pfreimt:
Trockenrückstand	0,07750	0,06630.
	gr	gr
$NaCl$ . . .	0,01153	0,010840
K_2SO_4 . . .	0,00587	0,002517
Na_2SO_4 . . .	—	0,003533
Na_2O . . .	0,00552	0,002360
K_2O	0,00373	—
$CaCO_3$ . . .	0,01950	0,013036
$MgCO_3$ . . .	0,00945	0,009610
SiO_2 . . .	0,01370	0,009150
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	0,00090	0,000130
Summa:	0,07020	0,052346.
Sauerstoff erforderlich	0,00604	0,0088.

Dies entspricht in einem Liter:

	gr	gr
Na_2O . . .	0,01162	0,00966
K_2O	0,00691	0,00136
CaO	0,01090	0,00736
MgO . . .	0,00450	0,00458
Cl	0,00700	0,00658
SO_3	0,00270	0,00315
SiO_2	0,01370	0,00915
Fe_2O_3 / Al_2O_3 . . .	0,00090	0,00130
CO_2 geb. . .	0,01360	0,01077
Summa:	0,07183	0,05385.

100 Teile Rückstand enthalten:

%	Luhe:	Pfreimt:
Na_2O	16,18	17,94
K_2O	9,62	2,52
CaO	15,17	13,55
MgO	6,27	8,51
Cl	9,75	12,25
SO_3	3,76	5,85
SiO_2	19,07	16,99
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	1,25	2,41
CO_2 geb. . .	18,93	20,00
Summa:	100,00	100,02.

Der letzte grössere linke Nebenfluss der Naab ist die bei Schwarzenfeld einmündende Schwarzach. Von Schwarzenfeld bis

Burglengenfeld liegt das Flussbeet der Naab in einem ziemlich ausgebreiteten Alluvium, dem auf dem linken Ufer mehr Süsswasserschichten, auf dem rechten unterer Mergel und pläneråhnliche Schichten, unterer bunter Keuper und in der Gegend von Wieseldorf unterer, mittlerer und oberer Lias angelagert sind. Bei Burglengenfeld treten jurassische Bildungen auf, aus welchen bei Kallmünz die Vils, die ebenfalls einer Untersuchung unterworfen wurde, einmündet. In dem Flussgebiet behält bis zur Mündung unter den jurassischen Bildung der Frankendolomit die Oberhand. Auf dem Lauf durch dieses bunte Gebiet wurden der Naab an drei Stellen Proben entnommen, die erste oberhalb Schwandorf, die zweite oberhalb Kallmünz — auch die Probe aus der Vils wurde der Vils oberhalb Kallmünz entnommen — und die dritte kurz vor ihrer Mündung in die Donau bei Ettershausen.

1000 ccm Wasser ergaben:

	Naab oberhalb Schwandorf.	Naab oberhalb Kallmünz.
Trockenrückstand:	0,1441	0,08120.
erfordern Sauerstoff:	0,0034	0,00572.
	gr	gr
NaCl	0,01175	0,01022
K_2SO_4 . . .	0,00322	0,00305
K_2O	—	0,00577
$CaSO_4$ . . .	0,00258	—
$CaCO_3$ . . .	0,06133	0,02500
$MgCO_3$ . . .	0,02362	0,01134
SiO2	0,00260	0,00940
Al_2O_3 Fe_2O_3 . . .	0,00090	0,00107
Summa:	0,10600	0,06585.

Dies entspricht:

	gr	gr
Na_2O	0,00623	0,00543
K_2O	0,00174	0,00742
CaO	0,03540	0,01400
MgO	0,01125	0,00540
Cl	0,00713	0,00620
SO_3	0,00300	0,00140
SiO_2	0,00260	0,00940
Fe_2O_3 Al_2O_3 . . .	0,00090	0,00107
CO_2	0,03935	0,01694
Summa:	0,10762	0,06726.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	Naab oberhalb Schwandorf. %	Naab oberhalb Kallmünz. %
Na_2O	5,79	8,07
K_2O	1,62	11,04
CaO	32,90	20,81
MgO	10,45	8,03
Cl	6,63	9,22
SO_3	2,79	2,08
SiO_2	2,42	13,97
Al_2O_3 / Fe_2O_3	0,84	1,59
CO_2	36,56	25,20
Summa:	100,00	100,01.

Es enthalten 1000 ccm der:

	Vilz oberhalb Kallmünz.	Naab bei Etterzhausen
Trockenrückstand	0,2328	0,1224
erfordern Sauerstoff	0,0016	0,0033.

	gr	gr
$NaCl$	0,00956	0,00843
Na_2SO_4	—	0,00137
K_2SO_4	0,00979	0,00833
$CaCO_3$	0,12360	0,06094
$MgCO_3$	0,07240	0,02652
SiO_2	0,00560	0,00948
Al_2O_3 / Fe_2O_3	0,00110	0,00200
Summa:	0,22205	0,117070.

Dies entspricht im Liter:

	gr	gr
Na_2O	0,00507	0,00507
K_2O	0,00529	0,00450
CaO	0,06920	0,03342
MgO	0,03450	0,01250
Cl	0,00580	0,00511
SO_3	0,00450	0,00460
SiO_2	0,00560	0,00948
Al_2O_3 / Fe_2O_3	0,00110	0,00200
CO_2 geb.	0,09244	0,04000
Summa:	0,22350	0,11766.

Die Naab und

1000 ccm enthalten	NaCl	KCl	K_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2O	K_2O	$CaSO_4$
Naab-Ursprung	0,00585	—	0,002610	0,000320	—	—	0,00050
Luhe	0,01153	—	0,005870	—	0,00552	0,00373	—
Pfreimt	0,01084	—	0,002517	0,003533	0,00236	—	—
Naab oberhalb Schwandorf	0,01175	—	0,003220	—	—	—	0,00258
Naab oberhalb Kallmünz	0,01022	—	0,003050	—	—	0,00577	—
Vils oberhalb Kallmünz	0,00956	—	0,009790	—	—	—	—
Naab bei Etterzhausen	0,00843	—	0,008330	0,001370	—	—	—

Dies entspricht in

	Na_2O	K_2O	CaO	MgO
Naab-Ursprung	0,00324	0,00143	0,00070	0,00044
Luhe	0,01162	0,00691	0,01090	0,00450
Pfreimt	0,00966	0,00136	0,00730	0,00458
Naab oberh. Schwandorf	0,00623	0,00174	0,03540	0,01125
Naab oberhalb Kallmünz	0,00543	0,00742	0,01400	0,00540
Vils oberhalb Kallmünz	0,00507	0,00529	0,06920	0,03450
Naab bei Etterzhausen	0,00507	0,00450	0,03342	0,01250

100 Teile Rück-

	Na_2O Prozent	K_2O Prozent	CaO Prozent	MgO Prozent
Naab-Ursprung	16,20	7,15	3,50	2,20
Luhe	16,18	9,62	15,17	6,27
Pfreimt	17,94	2,52	13,55	8,51
Naab oberh. Schwandorf	5,79	1,62	32,90	10,45
Naab oberhalb Kallmünz	8,07	11,04	20,81	8,03
Vils oberhalb Kallmünz	2,27	2,37	30,96	15,44
Naab bei Etterzhausen	4,34	3,86	28,64	10,71

ihre Nebenflüsse.

$CaCO_3$	$MgCO_3$	SiO_2	Al_2O_3 Fe_2O_3	erforderlicher Sauerstoff-Oxydat.	Summa	Trocken-rückstand
0,000900	0,00091	0,00800	0,00036	—	0,019780	0,02440
0,019500	0,00945	0,01370	0,00090	0,00604	0,070200	0,07750
0,013036	0,00961	0,00915	0,00130	0,00880	0,052346	0,06630
0,061330	0,02362	0,00260	0,00090	0,00340	0,106000	0,14410
0,025000	0,01134	0,00940	0,00107	0,00572	0,065850	0,08120
0,123600	0,07240	0,00560	0,00110	0,00160	0,222050	0,23280
0,060940	0,02652	0,00948	0,00200	0,00330	0,117070	0,12240

einem Liter:

Cl	SO_3	SiO_2	Fe_2O_3 Al_2O_3	CO_2 geb.	Summa
0,00355	0,00150	0,00800	0,00036	0,00086	0,02008
0,00700	0,00370	0,01370	0,00090	0,01360	0,07183
0,00658	0,00315	0,00915	0,00130	0,01077	0,05358
0,00713	0,00300	0,00260	0,00090	0,03935	0,10762
0,00620	0,00140	0,00940	0,00107	0,01694	0,06726
0,00580	0,00450	0,00560	0,00110	0,09244	0,22350
0,00511	0,00460	0,00947	0,00200	0,04000	0,11767

stand enthalten:

Cl Prozent	SO_3 Prozent	SiO_2 Prozent	Fe_2O_3 Al_2O_3 Prozent	CO_2 geb. Prozent	Summa Prozent
17,75	7,50	40,00	1,80	4,33	100,43
9,75	3,76	19,07	1,25	18,93	100,00
12,25	5,85	16,99	2,41	20,00	100,02
6,63	2,79	2,42	0,84	36,56	100,00
9,22	2,08	13,97	1,59	25,20	100,01
2,60	2,01	2,51	0,49	41,36	100,01
4,38	3,94	8,12	1,71	34,30	100,00

100 Teile Rückstand enthalten:

	Vils oberhalb Kallmünz.	Naab bei Etterzhausen.
	%	
Na_2O	2,27	4,34
K_2O	2,37	3,86
CaO	30,96	28,64
MgO	15,44	10,71
Cl	2,60	4,38
SO_3	2,01	3,94
SiO_2	2,51	8,12
Al_2O_3 Fe_2O_3 . . .	0,49	1,71
CO_2 geb. . .	41,36	34,30
Summa:	100,01	100,00.

Die Untersuchungsresultate der Naab, angeführt in den einzelnen Analysen und zusammengestellt in nachfolgender Tabelle, zeigen wesentliche Verschiedenheiten mit denen des Regens, bei welchen der hohe Kieselsäure- und Alkali-Gehalt, sowie der kleine Kalkgehalt bemerkenswert war. Wenn auch bei den Wässern der Luhe und Pfreimt noch ein grosser Alkaligehalt vorhanden ist, so hat doch der Kalk an Menge etwas zugenommen, eine Zunahme die aber immer noch klein erscheint, verfolgt man die Naab weiter. An ihrem Ursprung 0,0007 gr Kalk (CaO) im Liter führend, enthält sie oberhalb Schwandorf 0,0354 Kalk. Bei Kallmünz hat sie wohl ziemlich davon verloren — Gehalt 0,0174 gr — doch nachdem die Vils eingetreten, zeigt sie bei Etterzhausen wieder 0,03342 gr. Ist auch dieser Kalkgehalt wie aus der prozentischen Zusammenstellung leicht ersichtlich schon sehr hoch, so ist doch die Zusammensetzung der gelösten Teile im Wasser noch immer beeinflusst durch das Urgebirgswasser; denn fliesst auch viel Wasser der Naab aus der fränkischen Alb zu, so zeigt sie doch als höchsten Kalkgehalt nur 0,0354 gr, während E. Köhn[1]) im Jurawasser über 0,1000 gr pro Liter fand. Mit dem Kalkgehalt ist auch der der Magnesia bedingt durch die Zusammensetzung der Dolomite der fränkischen Alb, bald mehr bald minder stark gestiegen, während der Kieselsäuregehalt in 100

1) Inangural-Dissertation, Erlangen 1889.

Teilen Rückstand am Ende des Laufes nur den $^1/_5$ des Gehaltes, wie ihn die Quelle zeigt, aufweist. Der Chlorgehalt schwankt im Liter zwischen 0,00511 und 0,00713 gr, der der Schwefelsäure zwischen 0,00260 und 0,0137 gr. Der Eisen- und Aluminiumgehalt zeigt sich stets grösser in den Wässern des Urgebirges aus einem Grunde, auf welchen schon bei den Bemerkungen über erhöhten Schwefelsäuregehalt der Quellen hingewiesen wurde. Da die als „gebunden" eingesetzte Menge Kohlensäure berechnet wurde, um die gefundenen Oxyde des Calciums und Magnesiums zu binden, so gestatten mithin diese berechneten Mengen die gemeinsame Zunahme an Kalk und Magnesia zu verfolgen. Doch liegt ja das Atomgewicht des Calciums wesentlich höher wie das des Magnesiums, ferner verlaufen Kalk- und Magnesiagehalt nicht immer parallel, es kann also aus dem Prozentgehalt der Kohlensäure kein genauer Schluss gezogen werden, wohl aber lässt sich daraus ein rascher Ueberblick über den Gesamt-Kalk- und Magnesiagehalt gewinnen. Das Mittel im Prozentgehalt von 100 Teilen Rückstand ist bei den Wasserproben aus den Naabgebiet — die Quelle ausgenommen — folgendes:

Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Cl	SO_3	SiO_2
9,90	5,00	23,67	10,07	7,47	3,70	10,51.

Trockenrückstand im Mittel: 0,1207.

3. Donau und einige Nebenflüsse.

Der unserem Gebiete zukommende Teil der Donau ist im Westen durch die Naab, im Osten durch die Ilz begrenzt. Folgen wir nun der Donau in ihrem in südöstlicher Richtung fliessenden Laufe, so sollen dabei mehr die Veränderung durch zuströmende Nebenflüsse weniger der Einfluss untersucht werden, der durch Formationen, die durchlaufen werden, hervorgerufen wird.

Zunächst wurde bei Winzer, etwas oberhalb Regensburg und etwa eine halbe Stunde unterhalb des Naabeinflusses gelegen, eine Probe aus der Donau entnommen, deren Ergebnis dem einer Probe aus demselben Flusse unterhalb Regensburg nach Einfluss des Regens gegenüber gestellt werden soll.

Dabei ergaben 1000 ccm der Donau

	oberhalb Regensburg.	unterhalb
Trockenrückstand:	0,25800	0,10000
erfordern Sauerstoff:	0,00236	0,00623.
	gr	gr
NaCl . . .	0,00890	0,008982
K_2SO_4 . . .	0,01229	0,012310
Na_2SO_4 . . .	0,01234	—
Na_2O . . .	—	0,003460
$CaCO_3$ . . .	0,15000	0,044300
$MgCO_3$ . . .	0,05369	0,013860
SiO_2	0,00800	0,010620
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	0,00160	0,001320
Summa:	0,24682	0,094852.

Dies entspricht in einem Liter:

Donau

	oberhalb Regensburg.	unterhalb
	gr	gr
Na_2O . . .	0,01011	0,00823
K_2O	0,00664	0,00665
CaO	0,08400	0,02480
MgO . . .	0,02557	0,00660
Cl	0,00540	0,00545
SO_3	0,01260	0,00566
SiO_2	0,00800	0,01062
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	0,00160	0,00132
CO_2 geb. . .	0,09412	0,02670
Summa:	0,24804	0,09603.

100 Teile Rückstand enthalten:

		%
Na_2O	4,08	8,57
K_2O	2,68	6,92
CaO	33,87	25,83
MgO	10,30	6,87
Cl	2,18	5,68
SO_3	5,08	5,89
SiO_2	3,23	11,06
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	0,65	1,37
CO_2 geb. . .	37.95	27,81
Summa:	100,02	100,00.

Nun fliesst die Donau weiter durch die fruchtbare Donauhochebene, an deren zur Donau nördlichen Seite sich die Urgebirgsteile anlagern, während, mit Ausnahme des Neuburger Waldes, an der südlichen Seite jüngere Bildungen auftreten. Mächtige Nebenflüsse strömen der Donau auf ihrem rechten Ufer zu, so die Isar etwas unterhalb Degendorf, die Vils unterhalb Vilshofen, der Inn bei Passau.

In 1000 ccm Wasser ergab die

Donau oberhalb	Vilshofen.	Vils oberhalb.
Trockenrückstand:	0,25560	0,22300
Sauerstoff erforderlich:	0,00286	0,00572.
	gr	gr
NaCl	0,00700	0,00708
K_2SO_4 . . .	0,02480	0,01283
Na_2O	0,01670	0,00680
K_2O	—	0,00500
$CaCO_3$ . . .	0,12812	0,11714
$MgCO_3$ . . .	0,06240	0,05900
SiO_2	0,00545	0,00800
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	0,00075	0,00090
Summa:	0,24522	0,21675.

Dies entspricht in 1000 ccm:

	gr	gr
Na_2O	0,02040	0,0106
K_2O	0,01340	0,0124
CaO	0,07175	0,0656
MgO	0,02970	0,0281
Cl	0,00425	0,0043
SO_3	0,01140	0,0059
SiO_2	0,00545	0,0080
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	0,00075	0,0009
CO_2 geb. . .	0,08910	0,0825
Summa:	0,24610	0,2183.

Demnach enthalten 100 Teile Rückstand:

	Donau oberhalb Vilshofen.	Vils oberhalb
	%	
Na_2O	8,29	4,86
K_2O	5,44	5,68
CaO	29,14	30,03
MgO	12,05	12,87
Cl	1,73	1,97
SO_3	4,63	2,70
SiO_2	2,21	3,66
Al_2O_3 Fe_2O_3 . . .	0,30	0,42
CO_2 geb. . .	36,19	37,80
Summa:	99,98	99,99.

Aus dem Donaugebiet bei Passau kamen vier Proben zur Untersuchung, je eine aus den beiden hier einmündenden Nebenflüssen, der Ilz und dem Inn, sodann eine aus der Donau vor dem Einfluss dieser beiden oberhalb Passau und eine aus der Donau nach erfolgtem Einfluss unterhalb Passau. Der östlichste Fluss des bayrischen Waldes, die Ilz, setzt sich aus mehreren „Ohen“ zusammen. Wie nördlich so entfliessen auch südlich Bäche dem Rachel, jene den kleinen Regen diese die grosse Ohe bildend, der ein Ausfluss des Rachelsees zufliesst. Die kleine Ohe entspringt dem Spitzberge des Lusengebirges aus Granit, nimmt aber wie die grosse Ohe ihren Oberlauf durch die Varietäten des Dichroit- und Perl-Gneisses. Bei Grafenau liegt eine schmale Pfahlzone, den Granit der Pleckensteingruppe von dem des Ilzgebietes trennend. Nachdem die kleine und grosse Ohe diese Zone eben bei Grafenau durchbrochen haben, nehmen sie kurze Zeit ihren Lauf durch Lagersyenitgranit. Bei Schömberg fliesst der grossen Ohe die dem Mittelgebirge des Rinchnacher Hochwaldes entspringende Rinchnacher Ohe, auch wohl kurz Ohe genannt, zu und bald darauf münden die grosse und die kleine Ohe zusammen. Der Lauf der Ilz, die aus der Vereinigung dieser beiden entstanden, liegt nun bis zur Mündung in dem mächtigen Ilzgranitgebiete. Auf ihrem ganzen Lauf hat die Ilz nur Gneiss und Granit berührt. — Schon in den fünfziger Jahren sind einzelne Flüsse des bayrischen Waldes einer Untersuchung unterzogen worden, deren Ergebnisse sich in Sendtners „Vegetationsverhältnisse des bayrischen Waldes“ finden.

Darnach enthielten 1000 ccm Wasser des Rachelsees:

	gr
Na_2O	0,0069
K_2O	0,0123
CaO	0,0010
MgO	—
Cl	0,0009
Fe_2O_3	0,0012
SO_3	—
SiO_2	0,0025
unlösliche Substanzen	0,0012
organische Materien	0,0441
Gesamtmenge des festen Rückstandes:	0,0701
darin anorganischer Bestandteil:	0,02580.

Ebendaselbst findet sich auch eine Analyse des Ilzwassers, das gleich dem vor mir untersuchten bei Hals oberhalb Passau entnommen wurde und sind in 1000 ccm enthalten nach

	Sendtner	Metzger
		gr
$NaCl$	—	0,00527
K_2SO_4 . . .	—	0,00435
Na_2O	—	0,00090
K_2O	—	0,00525
$CaCO_3$ . . .	—	0,00820
$MgCO_3$ . . .	—	0,00336
SiO_2	—	0,01010
Al_2O_3 } Fe_2O_3 . . .	—	0,00070
Summa:	—	0,03813
Trockenrückstand:	0,0905	0,04350.

Dies entspricht in einem Liter:

	Sendtner	Metzger
	gr	gr
Na_2O	0,00743	0,00370
K_2O	0,00580	0,00760
CaO	0,00920	0,00460
MgO	0,00290	0,00160
Cl	0,00360	0,00320
SO_3	—	0,00200
SiO_2	0,00950	0,01010
unlöslicher Sand.	0,00520	—
Al_2O_3 } Fe_2O_3 . . .	0,00270	0,00070
CO_2 geb. . . .	0,01040	0,00538
Summa:	0,05673	0,03888.

Daraus ergeben sich für 100 Teile Rückstand:

	Sendtner	Metzger
	%	
Na_2O	—	9,52
K_2O	—	19,54
CaO	—	11,83
MgO	—	4,12
Cl	—	8,23
SO_3	—	5,14
SiO_2	—	26,00
Al_2O_3 Fe_2O_3	—	1,81
CO_2 geb. . . .	—	13,81
Summa:	—	100,00.

Bevor das Wasser der Donau ober- und unterhalb Passau betrachtet werden soll, muss noch die Analyse des Innwassers angeführt werden. Der Inn führt Wasser der bayrischen Hochalpen, der Salzburger Alpen, sowie deren Vorland in mächtiger Masse der Donau zu. In den Neuburger Wald, den einzigen rechts zur Donau gelegenen Urgebirgsteil des ostbayrischen Grenzgebirges, bricht dieser Fluss bei Neuhaus ein und verläuft hier bis zu seiner Mündung in einer Berührungsschicht zwischen Dichroitgneiss und Gneiss.

1000 ccm desselben enthalten:
Trockenrückstand: 0,01517
erfordern Sauerstoff: 0,00098.

	gr			gr
$NaCl$ . .	0,007416	oder	Na_2O . .	0,00722
K_2SO_4 . .	0,001690		K_2O . . .	0,00091
Na_2SO_4 .	0,007513		CaO . . .	0,04625
$CaSO_4$ . .	0,015723		MgO . . .	0,01330
$CaCO_3$ . .	0,071060		Cl . . .	0,00450
$MgCO_3$.	0,027900		SO_3 . . .	0,01425
SiO_2 . .	0,007600		SiO_2 . . .	0,00760
Al_2O_3 Fe_2O_3 .	0,001250		Al_2O_3 Fe_2O_3 . .	0,00125
	—		CO_2 geb. .	0,04912
Summa:	0,140152			0,14440.

100 Teile Rückstand enthalten:

	%
Na_2O . . .	5,00
K_2O . . .	0,63
CaO . . .	32,03
MgO . . .	9,21
Cl	3,12
SO_3 . . .	9,87
SiO_2 . . .	5,26
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . .	0,87
CO_2 geb. .	34,01
Summa:	100,00.

In obigen Analysen sind die Bestandteile eines Liter Wassers des Inn und der Ilz erkannt worden und kann zur Betrachtung der Donau, ehe und nachdem sie diese Nebenflüsse aufgenommen hatte, geschritten werden.

In 1000 ccm Wasser der Donau fand ich:

	oberhalb Passau.	unterhalb
Trockenrückstand:	0,112200	0,14400.
Sauerstoff erforderlich:	0,002400	0,00450.
	gr	gr
NaCl	0,006346	0,00956
K_2SO_4 . . .	0,006553	0,00507
Na_2SO_4 . . .	0,010644	0,00625
Na_2O	0,000618	—
$CaSO_4$ . . .	—	0,00280
$CaCO_3$ . . .	0,026800	0,07829
$MgCO_3$ . . .	0,029400	0,02800
SiO_2	0,019000	0,00600
Al_2O_3 / Fe_2O_3 . . .	0,001250	0,00070
Summa:	0,106173	0,13667.

Entsprechend in einem Liter:

	gr	gr
Na_2O	0,01420	0,00780
K_2O	0,00354	0,00274
CaO	0,01560	0,04500
MgO	0,01400	0,01330
Cl	0,00385	0,00580
SO_3	0,00900	0,00750
SiO_2	0,01900	0,00600
Al_2O_3 Fe_2O_3 } . . .	0,00125	0,00070
CO_2 geb. . .	0,02726	0,04926
Summa:	0,10710	0,13810.

100 Teile Rückstand enthalten:

	oberhalb Passau.	unterhalb
		%
Na_2O	13,26	5,65
K_2O	3,31	1,99
CaO	14,01	32,58
MgO	13,07	9,63
Cl	3,60	4,20
SO_3	8,40	5,43
SiO_2	17,74	4,45
Al_2O_3 Fe_2O_3 }	1,17	0,50
CO_2 geb.	25,40	35,67
Summa:	99,96	100,00.

Verfolgt man die Resultate obiger Analysen, so zeigt die Donau oberhalb Regensburg — hat sie doch nur wenig stromaufwärts die Naab aufgenommen — der Naab ähnliche Mengenverhältnisse im Rückstand. Der einzige Unterschied liegt in einem geringen Anwachsen des Kalk- und einem geringen Sinken des Kieselsäuregehaltes. Der nun in die Donau sich ergiessende Regen macht sich unterhalb Regensburg sofort bemerkbar. Wie aus den Analysen und der Tabelle ersichtlich, sind bedingt durch den bereits bekannten Charakter des Regen der Gesamtalkaligehalt sowie die Menge an Kieselsäure bedeutend gestiegen, jener um das

dreifache und diese nahezu um das vierfache, während die Quantität des Kalkes und der Magnesia abgenommen hat. Auch auf den Chlorgehalt war der Regen etwas von Einfluss. Bei Vilshofen weist der Alkaligehalt nur eine geringe Differenz mit obiger Probe auf, dagegen ist der Kalkgehalt ein grösserer und der Kieselsäuregehalt ein kleinerer geworden, auf welches Resultat wohl die kalkreiche Isar von Einfluss war. Bei Passau kommt die Donau mit einem gegen Vilshofen verringerten Kalkgehalt an, es hat sich wohl teils Kalk durch das Entweichen von Kohlensäure abgeschieden, teils sind aber auch kleinere linke Nebenflüsse der Donau zugeflossen, haben Kieselsäure zugeführt und durch ihren geringen Kalkgehalt die Abnahme der Kalkmenge mit verursacht. Die Vils und der Inn, wenn auch in ersterer der Alkaligehalt etwas grösser ist als in letzterem, zeigen umso grössere Uebereinstimmung in der Menge des Kalk, ebenso wie auch Kieselsäure in ganz ähnlichen Mengenverhältnissen enthalten ist. Beide gehören zu den kalkreichen Gewässern, wie erwartet werden musste und gleichen sie unter den Untersuchten am meisten der Naab.

Ein anderes Resultat gab die Ilz, indem sie sich der Regengruppe nähert, mit der sie bereits erwähnte Eigenschaften teilt. Auffallend allein ist der so grosse Kaligehalt, doch findet er wohl seine Erklärung in einem entsprechend hohen Gehalt der Gesteine, worüber die früher angeführte Analyse eines Granites von Hautzenberg Auskunft gibt. Kali und Natron sind ja in den Urgebirgswässern nie gleichmässig enthalten, bald schlägt, abhängig von der Art des durchflossenen Gebiets, resp. dem Ursprungsort einer Quelle, das eine oder das andere vor, so fand W i t t s t e i n in dem Steckenbach, aus Syenit entspringend,

1 % Kali und 22 % Natron

in der aus Gneiss entspringenden Ohe dagegen

1,6 % Natron und 29 % Kali,

welch hohe Zahl von mir nie gefunden werden konnte. Wird nun der Einfluss untersucht, den Ilz und Inn auf die Donau ausüben, so ergibt sich, dass das Analysenresultat aus der Donau unterhalb Passau am meisten dem des Inns gleichkommt. Die Ilz kann hier also nicht den Einfluss ausüben, wie er beim Regen bemerkt wurde, da derselbe aufgehoben wird durch die Wasser-

Die Donau und

1000 ccm enthalten:	Na_2O	K_2O	CaO	MgO
Naab vor der Mündung in die Donau	0,00507	0,00450	0,03342	0,01250
Donau oberhalb Regensburg	0,01011	0,00664	0,08400	0,02557
Regen oberhalb Regensburg	0,00552	0,00660	0,00750	0,00270
Donau unterhalb Regensburg	0,00823	0,00665	0,02480	0,00660
Donau oberhalb Vilshofen	0,02040	0,01340	0,07175	0,02970
Vils bei Vilshofen	0,01060	0,01240	0,06560	0,02810
Donau oberhalb Passau	0,01420	0,00354	0,01500	0,01400
Inn vor der Mündung in die Donau	0,00722	0,00091	0,04625	0,01330
Ilz vor der Mündung in die Donau	0,00370	0,00760	0,00460	0,00160
Donau unterhalb Passau	0,00780	0,00274	0,04500	0,01330

100 Teile Rück-

	Na_2O Prozent	K_2O Prozent	CaO Prozent	MgO Prozent
Naab vor der Mündung in die Donau	4,34	3,86	28,64	10,71
Donau oberhalb Regensburg	4,08	2,68	33,87	10,30
Regen oberhalb Regensburg	10,91	13,05	14,84	5,34
Donau unterhalb Regensburg	8,57	6,92	25,83	6,87
Donau oberhalb Vilshofen	8,29	5,44	29,14	12,05
Vils bei Vilshofen	4,86	5,68	30,03	12,87
Donau oberhalb Passau	12,26	3,31	14,01	13,07
Inn vor der Mündung in die Donau	5,00	0,63	32,03	9,21
Ilz vor der Mündung in die Donau	9,52	19,54	11,83	4,12
Donau unterhalb Passau	5,65	1,99	32,58	9,63

ihre Nebenflüsse.

Cl	SO_3	SiO_2	Al_2O_3 Fe_2O_3	CO_2 geb.	Summa	Trocken-rückstand
0,00511	0,00460	0,00947	0,00200	0,04000	0,11767	0,12240
0,00540	0,01260	0,00800	0,00160	0,09412	0,24804	0,25800
0,00463	0,00407	0,01020	0 00047	0,00886	0,05055	0,05400
0,00545	0,00566	0,01062	0,00132	0,02670	0,09603	0,10000
0,00425	0,01140	0 00545	0,00075	0,08910	0,24610	0,25560
0,00430	0 00590	0,00800	0,00090	0 08250	0 21830	0,22300
0,00385	0,00900	0,01900	0,00125	0,02726	0,10710	0,11220
0,00450	0,01425	0,00760	0,00125	0,04912	0,14400	0,15170
0,00320	0,00200	0,01010	0,00070	0,00538	0,03888	0,04350
0,00580	0,00750	0,00600	0,00070	0,04926	0,13810	0,14400

stand enthalten:

Cl Prozent	SO_3 Prozent	SiO_2 Prozent	Al_2O_3 Fe_2O_3 Prozent	CO_2 geb. Prozent	Summa Prozent
4,38	3,94	8,12	1,71	34,30	100,00
2,18	5,08	3,23	0,65	37,95	100,02
9,16	8,05	20,18	0,93	17,53	99,99
5,68	5,89	11,06	1,37	27,81	100,00
1,73	4,63	2,21	0,30	36,19	99,96
1,97	2,70	3,66	0,42	37,80	99,99
3,60	8,40	17,74	1,17	25,40	99,96
3,12	9,87	5,26	0,87	34,01	100,00
8,23	5,14	26,00	1,81	13,81	100,00
4,20	5,43	4,35	0,50	35,67	100,00

massen des Inns. Nach dem Prozentgehalt des Kalkes könnte es scheinen, als ob die Donau unterhalb Passau selbst mehr Kalk enthielte denn der kalkreiche Inn, allein der Prozentgehalt ist ja beeinflusst durch die wechselnde Menge des Trockenrückstandes. Der Inn enthält im Liter 0,04625 CaO, die Donau unterhalb Passau 0,0450 gr. Soll das Wasser aus einer bestimmten Formation beim Zusammenfluss mit dem aus einer anderen Einfluss haben auf die chemische Zusammensetzung der gelösten Stoffe und ihre Menge, so muss sowohl die Wassermenge wie auch die chemische Zusammensetzung mitwirken.

C. Mineralquellen.

Während in dem bayrischen Wald nur wenige Mineralquellen sich finden — so bei Passau einige Schwefelquellen — ist die Zahl der Säuerlinge im Oberpfälzer Wald eine sehr bedeutende. Bezeichnend ist, dass ihr Auftreten auch hier mit dem des Basaltes erfolgt und finden sich solche Quellen besonders in der basaltreichen Gegend von Wiesau, Kondrau und Waldsassen.

Längst bekannt sind die Quellen des König Ottobades. Dasselbe liegt 517 m über dem Meere eine halbe Stunde von Wiesau entfernt am Fusse eines leichten Abhanges und finden sich dort vier Guellen: die Otto-, die Sprudel-, die Wiesen- und die Neue-Quelle, alle vier liegen nahe beisammen in einer in Phyllitgebiet hineinragenden Moorgegend. Unter lebhafter, teils regelmässiger teils periodischer Entwicklung von Gasen treten die Quellen zu Tage. Im Auftrag meines sehr verehrten Lehrers Herrn Hofrat Professor Dr. Hilger führte ich unter Anleitung von Herrn Dr. E. Späth, Assistent an der K. Untersuchungsanstalt Erlangen, im Anfang des Oktobers 1890 die an der Quelle selbst vorzunehmenden Arbeiten aus, so das Auffangen der Gase, die Wasserentnahme zur Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure, die Temperaturmessung, welche bei einer Lufttemperatur von 6° C. 10° C. für die vier Quellen ergab.

Schon zu verschiedenen Malen wurden die Quellen einer Untersuchung unterzogen, ich übergehe die älteren Analysen und führe neben den von mir erhaltenen Resultaten nur diejenigen an,

welche von Professor Dr. v. Gorup-Besanez im Jahre 1858 erhalten wurden.

In 1000 ccm des Wassers der Ottoquelle sind enthalten:

	v. Gorup-Besanez gr	Metzger gr
NaCl	0,00281	0,018782
Na_2SO_4	0,01326	0,009365
K_2SO_4	0,01526	0,013010
Na ameisens.	0,00102	—
Na butters.	0,00033	—
$Na_2O(CO_2)_2$	0,05230	0,043150
$Li_2O(CO_2)_2$	0,00028	0,001760
$MgO(CO_2)_2$	0,09100	0,082870
$CaO(CO_2)_2$	0,06237	0,072570
$FeO(CO_2)_2$	0,12820	0,108200
$MnO(CO_2)_2$	0,01280	0,005544
SiO_2	0,05633	0,068480
Harzart. org. Substanz.	0,05214	—
Summa:	0,48810	0,423731.

Dies entspricht im Liter:

	Metzger gr
Na_2O	0,031920
K_2O	0,007030
Li_2O	0,000436
Cl	0,011400
SO_3	0,011260
FeO	0,048570
MnO	0,002452
CaO	0,028250
MgO	0,025900
SiO_2	0,068480
CO_2 ganz und halb geb.	0,190536
Summa:	0,426234.

Gesamtkohlensäure	2,38230
Freie und halb geb. CO_2	2,28716
Ganz und halb geb. CO_2	0,19060
Freie CO_2	2,19170.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

	%
Na_2O . . .	7,49
K_2O . . .	1,65
Li_2O . . .	0,10
Cl	2,67
SO_3 . . .	2,65
FeO . . .	11,40
MnO . . .	0,57
CaO . . .	6,63
MgO . . .	6,08
SiO_2 . . .	16,07
CO_2 . . .	44,70
Summa:	100,01.

Nur die Ottoquelle ist schwefelwasserstoffhaltig und enthalten 1000 ccm Wasser

H_2S 0,000508 gr, entsprechend

0,3508 ccm Gas bei 10° C. und 740 mm

Der Ocker wurde auf Arsen geprüft, es enthielten 10 gr des bei 100° getrockneten

As_2O_3 0,004852 gr.

Für 1000 ccm Wasser des Sprudels fand:

	v. Gorup-Besanez gr	Metzger gr
NaCl	0,00298	0,009361
K_2SO_4	0,02148	0,021660
Na_2SO_4	0,00203	—
$Na_2O(CO_2)_2$	0,06993	0,091790
$K_2O(CO_2)_2$	—	0,005984
$Li_2O(CO_2)_2$	0,00072	0,001716
$MgO(CO_2)_2$	0,05716	0,099520
$CaO(CO_2)_2$	0,05290	0,090000
$FeO(CO_2)_2$	0,08736	0,128100
$MnO(CO_2)_2$	0,00747	0,003201
Al_2O_3	—	0,000940
SiO_2	0,06301	0,077070
Harzart. org. Substanz.	0,02199	—
Summa:	0,38703	0,529342.

Dies entspricht in einem Liter:

	gr Metzger
Na_2O	0,042890
K_2O	0,014790
Li_2O	0,000400
Cl	0,005680
SO_3	0,009960
FeO	0,057900
MnO	0,001413
CaO	0,035000
MgO	0,031100
Al_2O_3	0,000940
SiO_2	0,077070
CO_2 ganz und halb geb.	0,253477
Summa:	0,530620.

Gesamt CO_2	1,97420
Ganz und halb geb. CO_2	0,25350
Freie und halb geb. CO_2	1,84720
Freie CO_2	1,72050.

Es enthalten 100 Teile Rückstand:

	%
Na_2O . . .	8,08
K_2O . . .	2,79
Li_2O . . .	0,07
Cl	1,07
SO_3 . . .	1,88
FeO . . .	10,91
MnO . . .	0,27
CaO . . .	6,60
MgO . . .	5,86
Al_2O_3 . .	0,18
SiO_2 . . .	14,52
CO_2 geb. . .	47,77
Summa:	100,00.

Es resultiert aus 1000 ccm Wasser der Wiesenquelle:

	v. Gorup-Besanez gr	Metzger gr
NaCl	0,00276	0,007020
K_2SO_4	0,01483	0,015627
Na_2SO_4	0,00406	0,003328
$Na_2O(CO_2)_2$	0,04547	0,056220
$Li_2O(CO_2)_2$	—	0,001180
$MgO(CO_2)_2$	0,06816	0,040830
$CaO(CO_2)_2$	0,06016	0,059460
$FeO(CO_2)_2$	0,07667	0,071690
$MnO(CO_2)_2$	0,01029	0,003034
Al_2O_3	—	0,004800
SiO_2	0,06236	0,087630
Harzart. org. Substanz.	0,01554	—
Summa:	0,36030	0,350819.

Dies entspricht in einem Liter
oder
100 Teile Rückstand enthalten:

	gr Metzger	%
Na_2O	0,028419	8,13
K_2O	0,008442	2,40
Li_2O	0,000300	0,08
Cl	0,004260	1,21
SO_3	0,009060	2,57
FeO	0,032210	9,15
MnO	0,001355	0,38
CaO	0,023120	6,57
MgO	0,012760	3,62
Al_2O_3	0,004800	1,36
SiO_2	0,087630	24,91
CO_2 ganz u. halb geb.	0,139430	39,63
Summa:	0,351786	100,01.

Gesamt CO_2	1,77640
Ganz und halb geb. CO_2	0,13943
Freie und halb geb. CO_2	1,70670
Freie CO_2	1,63700.

Die Neue-Quelle wurde noch keiner Analyse unterworfen und zeigen die unten angeführten Zahlen das Ergebnis der von mir ausgeführten Untersuchung.

In 1000 ccm fand ich:

	gr			
$NaCl$ . . .	0,007020	oder	Na_2O	0,016450
K_2SO_4 . .	0,016312		K_2O	0,009100
$Na_2O(CO_2)_2$.	0,030820		Li_2O	—
$K_2O(CO_2)_2$.	0,000557		Cl	0,004260
$Li_2O(CO_2)_2$.	—		SO_3	0,007500
$FeO(CO_2)_2$.	0,003503		FeO	0,001574
$MnO(CO_2)_2$.	0,004373		MnO	0,001953
$CaO(CO_2)_2$.	0,040370		CaO	0,015700
$MgO(CO_2)_2$.	0,074800		MgO	0,023110
SiO_2 . . .	0,032430		SiO_2	0,032430
			CO_2 ganz u. halb geb.	0,098150.
Summa:	0,210185			0,210227

Gesamt CO_2 . . .	1,37640
Ganz u. halb geb. CO_2	0,09820
Freie u. halb geb. CO_2	1,32730
Freie CO_2	1,27820.

Es enthalten 100 Teile Rückstand:

	%
Na_2O . . .	7,82
K_2O . . .	4,33
Li_2O . . .	—
Cl . . .	2,02
SO_3 . . .	3,57
FeO . . .	0,75
MnO . . .	0,93
CaO . . .	7,47
MgO . . .	10,99
SiO_2 . . .	15,43
CO_2 . . .	46,69
Summa:	100,00.

Die Analyse der in der Quelle aufgefangenen Gase ergab in Volumprozenten folgendes Resultat als Mittel aus mehreren Proben:

In 1000 ccm sind enthalten	NaCl	KCl	K_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2O $(CO_2)_2$	K_2O $(CO_2)_2$	Li_2O $(CO_2)_2$
Ottoquelle v. Gorup	0,002810	—	0,001526	0,013260	0,052300	—	0,000280
Ottoquelle Metzger	0,018782	—	0,013010	0,009365	0,043150	—	0,001760
Sprudel v. Gorup	0,002980	—	0,021480	0,002030	0,069930	—	0,000720
Sprudel Metzger	0,009361	—	0,021660	—	0,091790	0,005984	0,001716
Wiesenquelle v. Gorup	0,002760	—	0,014830	0,004060	0,045470	—	—
Wiesenquelle Metzger	0,007020	—	0,015627	0,003328	0,056220	—	0,001180
Neue Quelle	0,007020	—	0,016312	—	0,030820	0,000557	—

Dies entspricht in

	Na_2O	K_2O	Li_2O	CaO	MgO
Ottoquelle	0,031920	0,007031	0,000436	0,028250	0,025900
Sprudel	0,042890	0,014790	0,000400	0,035000	0,031100
Wiesenquelle	0,028419	0,008442	0,000300	0,023120	0,012760
Neue Quelle	0,016450	0,009100	—	0,015700	0,023110

100 Teile Rück-

	Na_2O	K_2O	Li_2O	CaO	MgO
Ottoquelle	7,49	1,65	0,10	6,63	6,08
Sprudel	8,08	2,79	0,07	6,60	5,86
Wiesenquelle	8,13	2,40	0,08	6,57	3,62
Neue Quelle	7,82	4,33	—	7,47	10,99

FeO $CO_2)_2$	MnO $(CO_2)_2$	CaO $(CO_2)_2$	MgO $(CO_2)_2$	Al_2O_3	SiO_2	harzartig. organ. Subst.	Summa
12820	0,012800	0,062370	0,091000	—	0,056330	0,052410	0,488100
108200	0,005544	0,072570	0,082870	—	0,068480	—	0,423731
087360	0,007470	0,052900	0,057160	—	0,063010	0,021990	0,387030
128100	0,003201	0,090000	0,099520	0,000940	0,077070	—	0,529342
076670	0,010290	0,060160	0,068160	—	0,062360	0,015540	0,360300
071690	0,003034	0,059460	0,040830	0,004800	0,087630	—	0,350819
003503	0,004373	0,040370	0,074800	—	0,032430	—	0,210227

einem Liter:

FeO	MnO	Cl	SO_3	Al_2O_3	SiO_2	CO_2 halb und ganz geb.	Summa
048570	0,002452	0,011400	0,011260	—	0,068480	0,190536	0,426234
057900	0,001413	0,005680	0,0 9960	0,000940	0,077070	0,253477	0,530620
032210	0,001355	0,004260	0,009060	0,004800	0,087630	0,139430	0,351786
001574	0,001953	0,004260	0,007500	—	0,032430	0,098150	0,210227

stand enthalten %:

FeO	MnO	Cl	SO_3	Al_2O_3	SiO_2	CO_2 ganz und halb geb.	Summa
11,40	0,57	2,67	2,65	—	16,07	44,70	100,01
10,91	0,27	1,07	1,88	0,18	14,52	47,77	100,00
9,15	0,38	1,21	2,57	1,36	24,91	39,63	100,01
0,75	0,93	2,02	3,57	—	15,43	46,69	100,00

A. Ottoquelle.

CO_2 . . .	96,99
O	0,71
N	2,33
Summa:	100,03 %.

B. Sprudel.

CO_2 . . .	94,78
O	0,70
N	4,49
Summa:	99,97 %.

Geringe Unterschiede zeigen sich zwischen den von Professor Dr. v. Gorup-Besanez und den von mir ausgeführten Analysen. Wenn einerseits der Eisengehalt der Ottoquelle etwas zurückgegangen ist von 0,1280 im Liter auf 0,10820, so ist andererseits der des Sprudels von 0,08736 auf 0,12810 gestiegen. Der Mangangehalt wurde durchgehend kleiner, der Lithiongehalt beim Sprudel doppelt so gross, bei der Ottoquelle kleiner denn früher gefunden. Kalk und Magnesia weisen nur geringe Schwankungen auf. Und wie die Quellen in der Menge der in ihnen gelösten Stoffe gegen früher nur geringe Veränderungen zeigen, so sind auch die Ottoquelle, der Sprudel und die Wiesenquelle, gegenseitig verglichen, ziemlich gleichwertig, wie aus den Analysen und der zusammenstellenden Tabelle ersichtlich; nur die Neuequelle nimmt besonders durch ihren so kleinen Eisengehalt eine Ausnahmestellung ein.

Bei der Ausführung der Analysen wurde folgender Gang eingeschlagen.

Trockenrückstand:

Hiezu wurden, je nachdem das Wasser gehaltsarm oder gehaltsreich war, 2 bis 10 Liter eingedampft und zwar zuerst in Porzellanschalen. Nach der Konzentration auf etwa $^1/_8$ des Volumens wurde das Verdampfen in Platinschalen zu Ende geführt und sodann bei 110° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Organische Substanz:

Die Bestimmung geschah so, dass in 50 ccm Wasser festgestellt wurde wie viel Permanganat resp. Sauerstoff erforderlich sei, zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe. Daraus ergab sich durch Berechnung der für 1 Liter nötige Sauerstoff. Methode Kubel.

Chlor:

Der Chlorgehalt wurde in 500 ccm Wasser, die auf $^1/_3$ eingedampft wurden, nach Mohr mittelst $^1/_{10}$ Normal-Silberlösung festgestellt.

Ammoniak, salpetrige Säure sowie Salpetersäure wurden colorimetrisch und zwar:

Ammoniak nach der von Frankland und Armstrong,

salpetrige Säure nach der von Tromsdorf,

Salpetersäure nach der von Tromsdorf — und durch J. Mayrhofer verbesserten — angegebenen Methode bestimmt.

Die Bestimmung des Eisens und des Aluminiums, des Kalkes, der Magnesia und der Schwefelsäure.

Nach erfolgter Wägung des Trockenrückstandes wurde die Platinschale mit dem Rückstand bis zur schwachen Rotglut erhitzt, um die organischen Bestandteile zu verkohlen. Der Rückstand wurde nun in einer Porzellanschaale wiederholt mit Salzsäure und Wasser zur Trockene verdampft und sodann 2 Stunden lang in ein Luftbad von 130° gestellt. Nach dem Erkalten wurden einige Tropfen konzentrierte Salzsäure zugegeben, mit heissem Wasser aufgenommen, die abgeschiedene Kieselsäure auf ein Filter gebracht, gewaschen, getrocknet, im Platintigel geglüht und gewogen. Im Filtrat wurde nach erfolgter Oxydation Eisen und Aluminium durch Ammoniak als Hydroxyde gefällt, die gut ausgewaschen und sodann geglüht als Oxyde zur Wägung kamen. Nachdem das Eisen abgeschieden, bringt man den Kalk durch Versetzen mit Ammoniumoxalat unter den bekannten Vorsichtsmassregeln zur Fällung; das Filtrat auf ein bestimmtes Volumen gebracht, dient zur Bestimmung

der Magnesia, die mit Natriumphospat und Ammoniak,

der Schwefelsäure, die in heisser schwach salzsaurer Lösung mit Barymchlorid ausgefällt wurde.

Der zur Alkalibestimmung abgemessene Teil obigen Volumens wird zunächst zur Trockene verdampft, der Rückstand getrocknet, durch schwaches Glühen die Ammonsalze verjagt. Zur Lösung des so erhaltenen

Rückstands werden 20 cc einer gesättigten Barynmhydroxydlösung gegeben und durch einstündiges Stehenlassen auf dem Wasserbad die Magnesia ausgefällt. Durch längeres Einleiten eines Kohlensäurestromes wird überschüssiger Baryt entfernt, eventuell gebildeter doppeltkohlensaurer noch durch Kochen zerlegt. Das Ganze wurde nun auf 250 ccm gebracht, nach dem Absetzen ein bestimmtes Volumen abgehoben, eingedampft, mit Oxalsäure abgeraucht, filtriert und nochmals mit Oxalsäure abgeraucht. Nach dem Lösen in wenig Wasser wurden einige Tropfen Salzsäure zugegeben, um eventuell gebildete Carbonate in Chloride zu verwandeln. Eingedampft wurde der Rückstand schwach geglüht, nochmals gelöst, eingedampft, schwach geglüht und sodann die erhaltenen Chloride, die rein weiss waren und sich vollkommen klar lösten, gewogen. In der Lösung dieser Chloride wurde Kalium als Kaliumplatinchlorid bestimmt.

Anstatt mit Baryt, wurde bei einzelnen Analysen die Magnesia nach der Quecksilberoxydmethode abgeschieden.

Beigegeben ist eine kleine Uebersichtskarte, auf der die eingesetzten Zahlen die Stellen der Wasserentnahme andeuten.

F. von Sandberger, dem wir schon so viele schöne Untersuchungen über Mineralien und Gesteine des Fichtelgebirges verdanken, hat in seiner Arbeit über Lithionitgranite[1]) von Neuem die Aufmerksamkeit auf den Mineralreichtum des Granits vom Epprechtstein im Fichtelgebirge gelenkt. Seinen eingehenden Schilderungen mögen hier einige Bemerkungen angefügt werden.

1) Die einfachen Feldspathkrystalle, welche bis 5 cm. Grösse erreichen, zeigen ausser den schon von v. Sandberger erwähnten Formen oP (001), ∞ P (110), P ∞ (101), ∞ P ∞ (010), 2 P ∞ (021), P (111), $\frac{1}{2}$ P (112) auch 2 P ∞ (201) ziemlich häufig, sie fanden sich in den letzten Jahren öfter.

2) Zwillingsbildungen der Feldspäthe kommen nicht ausschliesslich nach dem Bavenoer Gesetz vor. Funde neuerer Zeit haben gezeigt, dass solche nach anderen Gesetzen nicht gar selten sind. Es fanden sich:

Karlsbader Zwillinge in 1,5 cm. grossen Krystallen des gewöhnlichen Habitus mit ∞ P ∞ (010), ∞ P (110), oP (001), P ∞ (101), 2 P ∞ (201). Ein ca. 7 cm. grosses Bruchstück liess aussserdem noch P (111) und Andeutungen anderer Flächen ∞ P 3 (130)? erkennen.

Zuweilen begegnet man auch bis 5 cm. grossen Krystallen, welche ähnlich ausgebildet sind wie diejenigen von Striegau u. s. w., bei welchen oP (001) des einen und P ∞ (101) des anderen Krystalls scheinbar in eine Ebene fallen.

Manebacher Zwillinge bis 6 cm gross mit oP (001), ∞ P ∞ (010), ∞ P (110), P ∞ (101), 2 P ∞ (201), P (111).

Der Turmalin bildet oft ausserordentliche feine, haarförmige, verfilzte Aggregate. Gilbertit überzieht zuweilen grössere

1) Ueber Lithionitgranite mit besonderer Rücksicht auf jene des Fichtelgebirges, Erzgebirges und des nördlichen Böhmens von F. v. Sandberger. Sitzgsber. d. math.-physik. Klasse der k. bayer. Akad. d. Wiss. München 1888. XVIII, 423.

Turmalinkrystalle und bildet förmliche Pseudomorphosen nach Turmalin.

Flussspath wurde in bis 4 cm. grossen grünen Oktaëdern beobachtet, welche aus kleinen Würfeln mit ∞ O (110) und m O n (h k l) aufgebaut sind.

An einem kleinen Bergkrystall wurde der Winkel der Flächen s : P = 28° 58' (151° 2') gefunden.

Ausführlichere Mitteilungen über die Mineralien des Epprechtsteines werden im Laufe der nächsten Zeit von Herrn Machert veröffentlicht werden.

K. Oebbeke.

Ueber elektrische Entladungen.

2. Abhandlung.

Von E. Wiedemann und H. Ebert.

Die Untersuchung wurde mit Unterstützung des Elisabeth Thompson Science Fund in Boston ausgeführt [1]).

A. Einleitung [2]).

1) In unserer vorigen Mitteilung haben wir versucht zu zeigen, wie unter der Annahme, dass sich der Elektrizitätsausgleich in einer Entladungsröhre in oscillatorischer Weise vollzieht, sich eine grosse Anzahl von Erscheinungen erklären lässt. Wir haben auch die Berechtigung der Grundannahme näher zu beweisen gesucht.

Um tiefer in die Theorie der Vorgänge einzudringen, war es aber nötig, die Erscheinungen unter den denkbar einfachsten und übersichtlichsten Bedingungen näher zu studieren d. h. zu untersuchen, welche Erscheinungen eintreten, wenn man ein Gas der Einwirkung elektrischer Oscillationen von ganz bestimmter Schwingungsdauer aussetzt, und zwar ohne das Dazwischentreten von Elektoden, durch die dem Gase die Oscillationen zugeführt werden, da sich dadurch die Phänomene komplicieren. Eine derartige Untersuchung wird nach den Arbeiten von Hertz, Lecher, Cohn und Heerwagen u. a. über elektrische Schwingungen möglich, vor allem durch den Nachweis, dass man aus dem ganzen Komplex von Schwingungen, welche bei der Entladung eines Kondensators in benachbarten Dräthen angeregt

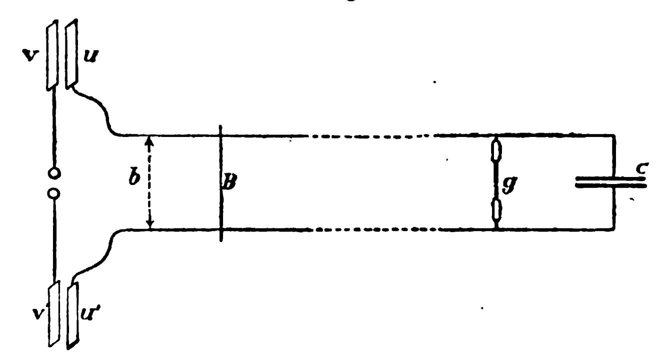
---

1) Wir benutzen diese Gelegenheit, um den Verwaltern der obigen Stiftung, für ihre uns erwiesene grosse Liberalität, unsern allerbesten Dank auszusprechen.

2) Wir haben uns auch in dieser vorläufigen Notiz noch auf das notwendigste beschränken zu sollen geglaubt, besonders bei der Beschreibung der Phänomene, da diese ohne zahlreiche Figuren doch nur schwer verständlich wären. Wir denken die neu beobachteten Erscheinungen bald in der vollständigen Arbeit genauer behandeln zu können.

werden, Oscillationen von ganz bestimmter Schwingungsdauer dadurch ausscheiden kann, dass man das Phänomen der elektrischen Resonanz zu Hilfe nimmt.

2) Die Anordnung des Apparates war im Wesentlichen die von Lecher angegebene mit einigen kleinen Modifikationen (vergl. die Figur); in derselben ist eine Geissler'sche Röhre g gewöhnlicher Form nur als Schema gezeichnet; gewöhnlich lagen die zu untersuchenden elektrodenlosen gasverdünnten Räume dem Endkondensator c viel näher als g.



Die Platten v und u, sowie v' und u' bilden zusammen den primären Kondensator, v und v' sind durch Dräthe mit den Polen einer Influenzmaschine mit 20 Scheiben verbunden. In Hülsen, die auf der Rückseite von v und v' angebracht sind, verschieben sich Messingstangen von 0.5 cm Durchmesser, die an ihren Enden Messingkugeln von 3 cm Durchmesser tragen; an die Platten u und u' sind 0.1 cm dicke Kupferdräthe angesetzt (mit Folgenden als Zuleitungsdräthe bezeichnet), die in einer Entfernung von 12 bis 13 m an dem Endkondensator c endigen. Ihr gegenseitiger Abstand betrug 30 cm. Die Platten des Kondensators c hatten gewöhnlich einen Radius von 7.6 cm, ihr Abstand konnte beliebig messbar verändert werden.

Sollten die Erscheinungen untersucht werden, die in Entladungröhren auftreten, wenn dieselben zwischen die Platten des Endkondensators gebracht sind und sollte die Verteilung des Lichts in Richtungen senkrecht zu Axe des Endkondensators ermittelt werden, so wurden die massiven Platten desselben durch ebene Drahtnetze ersetzt, die auf Messingringe von 7,6 cm Radius aufgelötet waren.

In einzelnen Fällen waren die Kondensatorplatten bez. -Netze

in ihrer Mitte durchbohrt um Röhren etc. axial hindurchführen zu können.

3) Im Allgemeinen wurden die zu untersuchenden Räume vor den Kondensatorplatten so aufgestellt, dass z. Bsp. die Axe von Röhren parallel der Kondensatoraxe lag, oder sie wurden zwischen die Kondensatorplatten gebracht.

Die zu untersuchenden Entladungsröhren waren entweder bei einem bestimmten Druck des Gases von der Pumpe abgeschmolzen oder blieben an der Pumpe, um bei verschiedenen Drucken untersucht zu werden.

Durch Annähern und Entfernen der Platten des Kondensatorsan das Entladungsrohr konnte die Stärke der wirkenden Oscillationen verändert werden, ferner durch Aenderung der primären Funkenstrecke das Potential am Endkondensator.

4) Die Versuche wurden entweder so angestellt, dass keine Brücke über die parallelen Dräthe gelegt wurde, oder in der Art, dass eine oder mehrere Drathbügel sog. Brücken B angewendet wurden.

Im ersten Fall erhielt man die Erscheinungen, welche Oscillationen hervorrufen, die zum Teil dem Verlauf der schnell gedämpften Schwingungen in der primären Funkenstrecke entsprachen, über die sich dann die Erscheinungen, die durch Resonanzschwingungen im sekundären Drathsystem hervorgerufen werden, lagern; die Erscheinungen sind dann auch stets unsymmetrisch (s. w. u.). Im zweiten Fall erregte man das Gas wesentlich nur durch die viel langsamer gedämpften Resonanzschwingungen, das Phänomen ist dann ein durchaus symmetrisches. Aus dem Aussehen desselben ist es z. B. unmöglich zu entscheiden, welche der Endkondensatorplatten dem positiven und welche dem negativen Pole der Influenzmaschine entspricht.

Die eben besprochenen Anordnung gestattet das Verhalten der gasverdünnten Räume unter dem Einfluss von Oscillationen zu untersuchen, deren Verteilung und Energie sich bis zu einem gewissen Grade berechnen, jedenfalls im Grossen und Ganzen übersehen lässt.

Bringt man die Entladungsröhre in einige Entfernung von den Platten des Kondensators, so wird man vollkommen frei von den immerhin etwas complicierten Verhältnissen in der Nähe derselben (vergl. w. u.). Man kann auch das Auftreten der

Kathodenstrahlen und der Glimmlichtstrahlen vermeiden, sobald man die Röhre nicht an Stellen bringt, nach denen sich die Oscillationen hindrängen u. s. f. — Alle diese Vorteile verschwinden, wenn man die Dräthe, die mit dem primären Kondensator verbunden sind, um die Röhren wickelt, wie dies z. B. von J. J. Thomson geschehen ist; ganz abgesehen davon, dass es dann nicht mehr möglich ist, aus dem auftretenden Komplexe von Schwingungen einzelne von bestimmter Schwingungszahl zu den Versuchen auszuscheiden.

5) Vor jeder Versuchsreihe wurde zunächst die Lage der Knoten auf den Draht ermittelt. Dazu wurde an den Endkondensator ein besonders gut ansprechendes Rohr angebracht und wurden die Stellen auf dem Draht aufgesucht, bei deren Ueberbrückung dasselbe hell aufleuchtete. Daran anschliessend wurden die einander zugehörigen Knoten ermittelt, d. h. diejenigen, bei deren gleichzeitiger Ueberbrückung das Rohr leuchtete. Wir geben hier die Werte für einen Fall.

Der primäre Kondensator bestand hier nicht aus den quadratischen Platten, sondern aus zwei Kreisscheiben vom Radius $r_1 = 5$ cm, im Abstand von $d_1 = 0{,}5$ cm. Die Kugeln des Oscillators hatten wie gewöhnlich einen Durchmesser von 3 cm, einen Abstand von 0,7 cm, die sie tragenden Dräthe hatten eine Länge von14,5 cm, und eine mittlere Dicke von 0,28 cm. Der Endkondensator bestand wie erwähnt aus zwei kreisförmigen Platten von Radius $r_2 = 7{,}6$ cm, einem Abstand $d_2 = 11{,}5$ cm. Die Verbindungsdräthe hatten eine Länge von 1260 cm und eine Dicke von 0,1 cm. Sie standen 30 cm von einander ab, die Länge der Brücke mit deren Biegungen war 34 cm, die Dicke des sie bildenden Drathes war 6 mm.

Die Abstände k der Knoten in cm gerechnet vom primären Kondensator waren die folgenden. Der untere Index entspricht der Zahl z der überhaupt vorhandenen Knoten, der obere Index dagegen gibt an, mit dem vielvielsten Knoten vom primären Kondensator an gerechnet wir es zu thun haben. Die römischen Zahlen bezeichnen die laufende Nummer des Knotensystems.

n	z	
I	1	$k_1^1 = 584$.
II	2	$k_2^1 = 198$ $k_2^2 = 972$.
III	3	$k_3^1 = 103$ $k_3^2 = 620$ $k_3^3 = 1092$.
IV	4	$k_4^1 = 54$ $k_4^2 = 420$ $k_4^3 = 770$ $k_4^4 = 1160$.
V	5	$k_5^1 = 34$ $k_5^2 = 314$ $k_5^3 = 594$ $k_5^4 = 874$ $k_5^5 = 1196$.

Aus diesen Zahlen ergibt sich Folgendes: Die Wellenlänge der Oscillationen im primären Kreis ist $\lambda_p = 24$ m, die Schwingungsdauer ca. 8×10^{-8} sec.

Die Resonanzschwingungen entsprechen sehr nahe dem Grundton, der Quinte, Oktave, Duodecime und der 2ten Oktave.

Die Schwingungsdauern des dem primären Kondensator und des dem Endkondensator zunächst gelegenen Theiles des sekundären Kreises jeder für sich berechnet, verhalten sich bei unseren Versuchen immer sehr nahe wie 2 : 1 also wie Grundton zur Oktav.

Werden die Verbindung der Platten v und v′ mit den Kugeln der primären Strecke verlängert, etwa dadurch, dass man diese meist auseinanderzieht, dagegen die Kugeln an der Maschine so weit einander nähert, dass jetzt zwischen diesen die Funken überspringen, so rücken die Knotensysteme gegen den primären Kondensator hin (vergl. eine soeben erschienene Arbeit von E. Salvioni).

B) Anregung von Entladungsröhren durch elektrische Oscillationen.

6) Um die Erscheinungen in Entladungsröhren unter dem Einfluss von oscillatorischen Entladungen zu untersuchen, war es vor allem nötig die Bedingungen zu ermitteln, unter denen sie überhaupt leuchteten, um dann nach Hülfsmitteln zu suchen, durch die es möglich war, stets ein Leuchten hervorzurufen.

Zahlreiche Versuche ergaben, dass bei reinen Oscillationen nicht alle Röhren ansprachen, vor allem nicht dann, wenn sie sich in einiger Entfernung von den Kondensatorplatten befanden. Dabei war es von relativ kleinem Einfluss, ob man die Amplitude der Oscillationen durch Vergrössern der Funkenstrecken im primären Oscillator vergrösserte.

7) Am leichtesten und fast sicher sprechen Röhren mit inneren Belegen an. Diese letzteren stellt man sich entweder durch Versilbern her oder durch Ueberziehen mit Platin. Man löst $PtCl_4$ in Alkohol, setzt die Lösung zu etwas Lavendelöl, bestreicht das Glasrohr im Inneren in der Nähe der beiden Enden und erhitzt bis das Lavendelöl verdampft ist. Hierbei schlägt sich das Platin als dichter, schwarzer Ueberzug auf dem Glase nieder. Dann setzt man das Rohr an die Pumpe und evacuiert bis zu einem passenden Druck und schmilzt ab. Die

inneren Belegungen befinden sich so an den Enden der Röhre und sind von einander durch unbelegtes Glas getrennt.

8) Röhren die für sich nicht anregbar sind, sprechen oft, wenn auch nicht immer, an, wenn man über die beiden Endkondensatoren einen Metallbügel legt und diesen synchron zu den Funken des primären Kondensators abhebt, wobei sich ein kleiner Funken bildet. Der Vorgang dürfte der sein, dass in dem anregenden Draht die Oscillationen in den ursprünglichen Leitersystem in solche von grösserer Schwingungszahl transformiert werden, die dann die relativ unempfindlichen Röhren anregen. Sind letztere einmal angeregt, so leuchten sie auch bei der Anregung durch die Oscillationen im Drahtsystem weiter. In diesen Beobachtungen dürfte auch der Schlüssel zu gewissen Versuchen Jaumanns (Beibl. 13 p. 417) liegen.

9) Mit abnehmenden Druck nimmt im Allgemeinen bis zu einer bestimmten Grenze die Erregbarkeit der Röhren beträchtlich zu.

Je niedriger der Druck ist, für um so verschiedenere Schwingungsdauern der ankommenden Oscillationen spricht die Röhre an.

Je mehr zu einander zugehörige Knoten im allgemeinen überbrückt sind, um so besser spricht ein Rohr an und um so heller ist das Leuchten.

Zum Nachweis hiefür wurde die unter 5) beschriebene Anordnung benützt. Die Knotensysteme seien hier ebenso wie dort bezeichnet. Angewandt wurde am Endkondensator ein Rohr mit inneren Belegungen (Länge 27 cm, Weite 2.5 cm), das Rohr stand 0.2—0.3 cm von dem Plattenrande des Kondensators ab und seine Axe lag parallel der Kondensatoraxe.

Bis zu einem Druck von etwa $p = 1$ mm findet bei der benutzten primären Funkenstrecke kein Ansprechen statt.

Bei $p = 1$ mm spricht die Röhre an ohne Brücke und mit Brücke bei k_1^1, wenn letztere übergelegt ist aber wesentlich stetiger. Andere Brückenkombinationen geben kein Leuchten.

$p = 0.3$ mm: Brücke bei k_1^1 Röhre sehr hell, bei k_2^2 Röhre will eben aufleuchten.

$p = 0.01$ mm: Brücke bei k_1^1 sehr hell, bei k_2^2 hell, bei k_2^1 schwächer und unruhig. Legt man Brücken bei k_2^2 und k_2^1 auf, so ist das Leuchten sehr hell, ebenso hell wie bei Brücke auf k_1^1.

Bei weiterer Evakuation treten zu diesen Systemen die anderen Knotensysteme hinzu, bei deren Ueberbrücken ein Leuchten stattfindet.

Die Reihenfolge, in der die einzelnen Systeme bei allmählich zunehmender Evakuation auftreten, ist etwa dieselbe, in der sie sich nach den Beobachtungen von Rubens nach ihrer Energie ordnen; je grösser die Energie, bei um so höherem Drucke tritt das Leuchten ein.

Eine blosse Vermehrung der Energie etwa durch Vergrössern der Funkenstrecke im primären Kondensator hat aber lange nicht den Einfluss wie eine Verminderung des Druckes.

Im Folgenden seien noch ein Paar Beispiele für den Einfluss der Zahl der Ueberbrückungen auf die Helligkeit des Leuchtens gegeben.

Bei Ueberbrückung gewisser Knoten in der Mitte leuchtet das Rohr nur, wenn auch Knoten an den Enden überbrückt sind, so bei der Brückenlage k_4^2 nur, wenn auch k_4^4 überbrückt ist. Bei diesem System IV findet bei höheren Drucken ein Aufleuchten statt, wenn k_4^4 und k_4^1 überbrückt sind, sonst nicht.

Im System III leuchtet die Röhre, wenn alle drei Brücken auflegen, sie leuchtet nicht, wenn eine Brücke an den Enden fehlt, wohl aber, wenn die in der Mitte fehlt.

Auch im System II unterstützen sich die beiden Brücken wesentlich.

Im Speziellen können sich natürlich diese Verhältnisse bei Anwendung verschiedener Röhren, Kondensatoren, primärer Funkenstrecken etc. ändern, das Hauptresultat: die gegenseitige Unterstützung der Ueberbrückungen bleibt bestehen.

Wie eine Saite um so reinere Töne gibt, an je zahlreicheren korrespondierenden Knoten sie unterstützt wird, um so einfacher ist auch der Komplex von Oscillationen zusammengesetzt, welcher auf die Entladungsröhre wirkt, je zahlreichere Brücken aufgesetzt sind, und um so ungestörter findet die Anregung derselben statt.

Dies bestätigt unsere schon in der ersten Mitteilung ausgesprochene Ansicht, dass für das Leuchten der Gase unter dem Einflusse elektrischer Entladungen wesentlich der Oscillationsrhythmus bestimmend ist.

Mit diesen Thatsachen stehen in Zusammenhang die in einem Wechselstromkreis beobachteten Ladungserscheinungen von Kon-

densatoren, deren Spannung ebenfalls dann zu maximalen Werten ansteigt, wenn die Ladung im Rhythmus der Eigenschwingungen des Kondensatorkreises erfolgt. Vergl. z. B. den Aufsatz von Cl. Feldmann, Elektrotechn. Z. S. 13 pag. 86. 1892.

10) Röhren, welche für sich nicht anregbar sind, sprechen in vielen Fällen an, wenn man ihnen ein leuchtendes Rohr nähert resp. auch nur über den Kondensator ein solches Rohr legt. Eine Röhre A von 2 mm Durchmesser sprach selbst, wenn sie an den Kondensator angelegt wurde, nicht an. Sobald aber gleichzeitig eine Röhre mit inneren Belegen angelegt wurde und diese zu leuchten anfing, sprach das Rohr A an; ebenso wenn irgend eine andere Röhre, die von selbst anspricht, genähert wurde.

Röhren a und b von 8 und 3 mm Durchmesser waren so in der Nähe des Kondensators aufgestellt, dass sie nicht von selbst ansprachen. Man näherte ihnen eine leuchtende Röhre c von 1,2 cm Durchmesser, dann leuchteten sie auf. (Man darf letztere Röhre den Röhren a und b nicht zu weit nähern, da sie sonst die leuchtenden Röhren a und b wieder zum Erlöschen bringt vgl. w. u.).

11) Je enger die Röhren sind, um so schwieriger sprechen sie, auch wenn ein anregendes Rohr vorhanden ist, an. Dies wurde an Röhren von verschiedenen Weiten mehrfach konstatiert. Kapillarröhren ohne weitere Ansatzstücke sind gar nicht zum Ansprechen zu bringen.

Es waren drei Röhren A, B, C ohne innere Belegungen von den Weiten A = 15 mm, B = 10 mm, C = 2.5 mm und Längen von etwa 25 cm in gerader Richtung d. h. conaxial an einander geschmolzen. Man näherte dann den Kondensator zunächst dem Rohr A bis es ansprach, verschob ihn parallel der Rohraxe nach B und C, dann leuchteten diese nicht auf. Man näherte ferner den Kondensator B bis dieses leuchtete, und verschob nach C; dies sprach dann nicht an.

12) Ist ein Rohr an einer Stelle verengt und stellt man seine Axe parallel zu der Kondensatoraxe, so spricht es besonders leicht an, wenn man den Kondensator so stellt, dass die Verengung zwischen die Ebenen der verlängerten beiden Platten desselben fällt oder ihnen doch nahe ist.

In dem eben beschriebenen Röhrensystem liess man die Röhren A und B an einer Stelle a resp. b zusammenfallen. Man stellt zunächst den Kondensator in einer solchen Entfernung vom Rohr auf, dass wenn er vor den nicht zusammengefallenen Stellen stand, die Röhre eben nicht mehr ansprach. Verschob man ihn bei derselben Entfernung von der Rohraxe bis vor die Stelle a resp. b so leuchtete sie hell auf, das Licht setzte sich dann auch in die weiten Teile des Rohres fort. An der Stelle a leuchtete das Rohr auch auf, wenn der Kondensator beträchtlich weiter von A und B abstand.

13) Röhren sprechen leichter an, wenn der Kondensator nahe an ihrem Ende steht bez. das Ende des Rohres zwischen den Kondensatorplatten sich befindet.

Röhren, die im Allgemeinen unstetig und unsicher, selbst wenn eine anregende Röhre in der Nähe ist (s. w. u.), ansprechen, thun dies, sobald ihr Ende die eben angegebene Lage hat. Es hängt die Erscheinung wohl mit der bei Verengungen beobachteten zusammen.

14) Ein weit ausgepumptes Rohr ganz ohne Elektroden von nicht zu kleinen Dimensionen, etwa ein Cylinder von 4 cm Durchmesser und 5 cm Länge oder eine Kugel von 8 cm Durchmesser, spricht fast bei jeder Lage der Brücke an. Die Lichterscheinungen ändern sich aber, wenn man die Brücke verschiebt, d. h., wenn Oscillationen von verschiedener Schwingungszahl das Rohr treffen.

15) Sehr lange Röhren leuchten, wenn man sie in das Feld zwischen zwei Platten bringt, die mit den Enden der Zuleitungsdräthe verbunden sind.

Die Lichterscheinung in gasverdünnten Räumen kann also sich in genügend weiten Röhren über sehr lange Strecken verbreiten.

Die vom primären Kondensator entfernten Theile der einmal überbrückten Zuleitungsdräthe wurden divergirend weiter geführt. Sie endeten in zwei grossen kreisförmigen Blechscheiben, die etwa in $3^1/_2$—4 m Entfernung einander parallel gegenüber standen. Zwischen dieselben wurde ein evakuirtes, 3 m langes, 3,2 cm weites Rohr mit ebenen durch Glassplatten verschlossenen Endflächen parallel zu den Ebenen der Platten gebracht, so dass sie dasselbe

aber nirgends berührten. Sowohl wenn keine Brücke übergelegt wurde, als auch mit einer Brücke leuchtete bei lebhaftem Gang der Maschine und hinlänglich grosser primärer Funkenstrecke das Rohr sehr hell. Verkleinerte man die primäre Funkenstrecke, so zog sich das Licht nach den Enden der Röhre zurück und der mittlere Teil wurde dunkel.

In einzelnen Fällen schienen etwa 1 dec. breite, aber sehr unstete Schichten aufzutreten, eine Erscheinung, die weiter zu untersuchen ist.

Hierdurch ist gezeigt, dass man ausgedehnte Räume ganz mit den elektrischen Oscillationen erfüllen kann; wo in einem von Oscillationen erfüllten Felde ein Vacuum hergestellt wird, fangen die zurückgebliebenen Moleküle, die jetzt weniger häufig zusammen stossen, wenn sonst die Bedingungen günstig sind, zu leuchten an.

Die Erscheinung ist also weder von dem Vorhandensein von Elektroden, noch von der Gestaltung der Wände abhängig, sondern lediglich durch einen bestimmten Zustand des Feldes [genügende Periodenzahl des elektrischen Vectors] bedingt (vergl. auch die Versuche von Nik. Tesla).

Welche hohe Bedeutung gerade dieses Ergebnis hat, wenn es sich um die technisch wichtige Frage handelt, wie man am vorteilhaftesten elektrische Energie in Lichtschwingungen umsetzen kann, möge an einer anderen Stelle nähere Ausführung finden.

16) Elektrodenlose Entladungsröhren sprechen zwischen den Platten des Endkondensators, wenn die Axe des Entladungsrohres parallel der Plattenebene steht, je nach deren Lage verschieden leicht an.

Die Röhren sprechen, wenn sie nicht sehr weit sind, nur dann an, wenn die Axe derselben nicht in der Medianebene des Endkondensators gelegen ist, sondern nach der einen oder anderen Seite hin verschoben ist.

17) Bringt man neben ebene Platten (15 cm Durchmesser), die mit den Enden der Zuleitungsdrähte verbunden sind, kurze Entladungsröhren von ca. 12 cm Länge und ca. $1^1/_2$ cm Weite, ohne dass sie die Platten berühren, so leuchten dieselben nicht, wenn ihre Axen parallel der

Plattenebene liegt, sie leuchten, wenn sie senkrecht zu derselben steht.

18) Hält man neben einen der Zuleitungsdrähte Röhren, wie die eben beschriebene, so leuchten sie kaum, wenn sie parallel den Dräthen liegen und zwar selbst bei Berührung, sie leuchten, selbst, wenn sie nicht berühren, wenn sie senkrecht zu den Drähten stehen.

Die Erklärung der unter 16—18 besprochenen Phänomene ergibt sich aus den in 47 zusammengefassten Thatsachen.

19) Einmal angeregte Röhren sprechen meistens, wenn sie nicht gar zu enge sind, unter dem Einfluss von Entladungen nach einiger Zeit von selbst wieder an, wenn man sie vom Kondensator entfernt hat, so dass sie erloschen sind, und man sie dann dem Kondensator nähert.

Die Wirkung einer vorherigen Erregung wird aufgehoben, wenn man das Rohr seiner ganzen Länge nach mit dem Finger ableitend berührt oder besser noch mit einer Flamme überfährt.

20) Wird ein weites langes Rohr an einer Stelle erregt, so pflanzt sich die Lichtbreitung nach beiden Seiten über weite Strecken fort.

21) Einmal angeregte Röhren leuchten in sehr vielen Fällen weiter, auch wenn man die anregende Röhre fort nimmt.

Die Röhren sind offenbar durch die Anregung in einen Zustand versetzt, der sie befähigt, die Energie ankommender Oscillationen zu absorbieren.

22) Das Leuchten der Röhre beginnt bei Annäherung an den Kondensator ganz plötzlich, die Helligkeit wächst dann bei weiterem Annähern ziemlich langsam; dies ist sowohl bei Röhren der Fall, die von selbst ansprechen als auch solchen, die einer Unterstützungsröhre bedürfen (s. w. u.). Die Energie der Oscillationen die das Leuchten hervorrufen können, darf also nicht unter einer ganz bestimmten Grenze liegen, sobald aber diese überschritten ist, findet eine lebhafte Uebertragung der Energie der Oscillationen auf die Moleküle statt. Auch dieses Ergebniss ist von Wichtigkeit, wenn es sich darum handelt, ein ökonomisches Beleuchtungssystem auf das Princip der direkten Erregung der Moleküle durch rasche Wechselströme zu begründen.

23) Wie wir schon in unserer ersten Mitteilung erwähnt haben, gedenken wir die ausführliche theoretische Diskussion der hier beschriebenen Erscheinungen erst in einer späteren Publikation im Zusammenhange zu bringen; indessen mögen hier einige Andeutungen darüber Platz finden.

Einer von uns hat früher gezeigt[1]), dass sich die optischen Erscheinungen erklären lassen, wenn wir sie auf Bewegungen der elektrischen Ladungen der Atome bezw. Moleküle zurückführen, die wir diesen zuschreiben müssen, um die Thatsachen der Elektrolyse zu erklären, der sog. „Valenzladungen“ (vergl. auch die Arbeiten von Richards[2]) und Stoney[3]). Ebert berechnete aus der Strahlung des Natrium-Moleküles, wie sie durch E. Wiedemann in absolutem Masse ermittelt worden war, die Grösse dieser Ladung, das „Elementarquantum“ zu $1{,}4 \cdot 10^{-11}$ $cm^{3/2}$ $gr^{1/2}$ sec^{-1} Richards findet dieselbe Elektrizitätsmenge aus den Messungen von F. u. W. Kohlrausch des elektrochemischen Aequivalentes gleich $1{,}29 \cdot 10^{-10}$ $cm^{3/2}$ $gr^{1/2}$ sec^{-1}; Stoney giebt sie (bei ihm „das Elektron“ genannt) zu $3 \cdot 10^{-11}$ $cm^{3/2}$ $gr^{1/2}$ sec^{-1} an; wie man sieht stimmen diese Zahlen in der Grössenordnung mit einander überein. Richards führt die die Lichtstrahlung bedingenden Erregungen des umgebenden Aethers auf die rotatorischen Bewegungen der Moleküle und damit ihrer Valenzladungen zurück. Dann müssten aber, wie sich unschwer zeigen lässt, die Wellenlängen der einzelnen Spektrallinien mit der absoluten Temperatur stark sich ändern[4]), wovon noch niemals eine Spur beobachtet worden ist.

Nach Stoney ist das „Elektron“ an einer Stelle des Moleküles „befestigt“ („lodged at the point P of the molecule“ p. 583 a. a. O.) und wird bei den intramolekularen Bewegungen auf Bahnen herumgeführt, welche durch ihre spezielle Gestaltung die Spektralerscheinungen bedingen. Auch diese Auffassung dürfte kaum den erklärten Verhältnissen entsprechen. Nehmen wir daher mit Ebert an, dass den elektrischen Ladungen in Bezug auf das materielle Molekül eine gewisse Bewegungsfreiheit (im Sinne der gewöhnlichen Mechanik) zukommt, so können wir

1) H. Ebert, Arch. de Genève. 25, p. 489, 1891.
2) Richards, Verh. der physikal. Gesell. Berlin, 10 p. 73, 1891.
3) G. J. Stoney, Phil. Trans. Dubl. Soc. (2) 4, p. 563, 1891.
4) E. Wiedemann, Wied. Ann. 5, p. 509, 1878

die Wärme- und Lichtstrahlung auf Oscillationen der elektrischen Valenzladungen zurückführen, Oscillationen, wie sie unter gewöhnlichen Bedingungen schon bei den Zusammenstössen zweier Moleküle erregt werden, und deren Ausbreitung für den Fall einer geradlinigen Bahn von Hertz experimentell und theoretisch studiert worden ist.

Halten wir an dem landläufigen, alten Bilde, welches man sich von der Erscheinung der elektrischen Ladung gemacht hat, fest, wonach diese in einem wirklichen Aufgelegtsein von etwas Substanziellen, wenn auch Imponderabelem, der „Elektrizität“ besteht, so ist es am einfachsten sich diese Oscillationen, welche sich dem umgebenden Felde mitteilen, durch „Verschiebungen“ der elektrischen Molekülladungen hervorgebracht zu denken. In diesem Sinne können wir, wenn wir uns auf den alten Standpunkt stellen, was im vorliegenden Falle den Vorteil grösserer Anschaulichkeit bietet, von „verschobenen Valenzladungen“ reden. In der „Grösse der Verschiebung“ haben wir ein Mass für den Grad, um welchen der augenblickliche elektrische Zustand des Moleküles von dem Gleichgewichtszustande entfernt ist.

Jedem Moleküle kommt je nach seinem Baue und den durch diesen bedingten in ihm wirksamen Kräften ein bestimmtes System von elektrischen Eigenschwingungen seiner Valenzladungen zu, welche das Spektrum bestimmen. Die Schwingungszahlen der Grundschwingungen hängen von den Dimensionen des Moleküles ab, wie bei einem durch eine Bahn von geringem Widerstande sich entladenden Kondensator.

Wenn wir, wie es bei den vorliegenden Versuchen geschieht, die Moleküle eines verdünnten Gases durch elektrische Schwingungen von der Schwingungsszahl 10^8 zum Leuchten anregen, so entspricht dieser Vorgang dem Spiel der primären Funkenstrecke, welches in dem durch den Kondensator und den anliegenden Teilen des Drahtsystems gebildeten Schliessungskreise Schwingungen erregt, die dann in dem Gase solche von über millionen Mal grösserer Schwingungszahl hervorrufen. Die elektrischen Oscillationen, die wir zur Lichterregung verwenden, repräsentieren gewissermassen nur die Bewegung des streichenden Bogens, unter dessen Einfluss die Eigenschwingungen der Seite (hier der Valenzladungen der einzelnen Gasmoleküle) angeregt werden; es findet eine „Transformation“ von Schwingungszahlen

von der Ordnung 10^8 auf solche von der Ordnung 10^{14} und höher hinauf statt; der Mechanismus dieses Vorganges lässt sich durch den allgemeinen Gleichungen der reinen Mechanik darstellen; man geht dabei zweckmässig von derjenigen Form derselben aus, die ihnen H. von Helmholtz in seinen „Prinzipien der Statistik monocyklischer Systeme“ gegeben hat; denn es lässt sich zeigen, dass die monocykylischen Gesetze auf die hier in Betracht kommenden Formen oscillatorischer Bewegungen Anwendung finden und namentlich über den Umsatz der Energie bei denselben wichtige Anhaltspunkte gewähren.

Hierbei ist nicht zu vergessen, dass die in den Drähten ankommenden den Endkondensator ladenden und entladenden Oscillationen zunächst Eigenschwingungen des Entladungsrohres selbst einzelner Teile desselben hervorrufen (vergl. unsere erste Mitteilung) und in den meisten Fällen wohl erst diese, an sich schon hohen Schwingungen, in die die Lichtemission veranlassenden Molekülschwingungen transformiert werden.

Um die Molekülschwingungen in genügendem Grade anzuregen, muss eine gewisse Menge von der Energie der erregenden Schwingungen aufgewendet werden; in diesem Sinne kann der Vorgang der Lichterregung in gasverdünnten Räumen als eine „Absorptionserscheinung“ aufgefasst werden. Die ankommenden Oscillationen bezw. Oscillationen von grösseren Schwingungszahlen, die sich erst im Entladungsrohre aus ihnen gebildet haben, rufen Verschiebungen der Valenzladungen in den Molekülen hervor. Diese suchen sich wieder auszugleichen und geben dadurch zu Leuchtbewegungen innerhalb der Moleküle und damit zu Luminescenzerscheinungen Veranlassung. Die Stärke der Absorption dürfte mit der Grösse bereits vorhandener Verschiebungen wachsen, gerade wie mit steigender Temperatur und damit grösserer Lichtemission auch die Absorption wächst. Damit überhaupt eine Absorption der Oscillationen eintreten kann, müssen die äusseren Verhältnisse so liegen, dass eine Transformation der ankommenden Oscillationen in solche der Moleküle stattfinden kann. Sind aber einmal angeregte Moleküle mit verschobenen Valenzen vorhanden gewesen, so werden diese längere Zeit diese Eigenschaft beibehalten und dann für neu ankommende Oscillationen als Transformatoren dienen. Ebenso erklärt sich, warum bei Röhren, die aus weiten und engeren Röhren zusammengesetzt

sind, die Erregung aus den weiten in die engen Teile sich fortpflanzt, wenn auch letztere an sich gar nicht oder nur äusserst schwer erregbar sind.

Die Aufhebung einer vorhergehenden Erregung durch Ableitung oder Erwärmung können wir vielleicht darauf zurückführen, dass besonders in einzelnen Molekülen, die an den Wänden haften, die Valenzladungen verschoben bleiben, und das sie bei unserer Ableitung oder der Erwärmung, in den normalen Zustand zurückkehren.

Eine genauere Diskussion der Einzelerscheinungen von diesen Gesichtspunkten aus, würde hier zu weit führen; aus denselben erklärt sich aber z. B. auch die transversale Leitung in Entladungsröhren, die Leitung von Flammen etc., welch' letztere wohl auch als eine oscillatorische Entladung aufzufassen ist, etc.

c) Schirmwirkung von Leitern und leuchtenden Entladungsröhren auf leuchtende Entladungsröhren.

24) Von Hertz u. a. ist gezeigt worden, dass Metallschirme für auffallende Oscillationen undurchsichtig sind, dass sie also eine Schirmwirkung hinter sich ausüben. Stefan hat dann einen Versuch beschrieben, nach dem auch eine Schirmwirkung von einem Metalle vor sich ausgeübt wird. (Vgl. unsere vorige Mitteilung.) Die Versuche lassen sich mit Zuhilfenahme der von Oscillationen durchsetzten Röhren in weit vollkommener Weise anstellen. Wir haben die Eigenschaft verschiedenartiger Substanzen untersucht, leuchtende Röhren bei der Annäherung an diese zum Erlöschen zu bringen; diese Erscheinung wollen wir kurzweg als eine „Schirmwirkung“, bezeichnen. Die leuchtende Röhre stand stets parallel der Axe des Endkondensators und quer vor den Platten des Kondensators. Lineare schirmende Körper lagen mit ihrer Längsrichtung gleichfalls parallel der Axe des Endkondensators.

Wir führen folgende Bezeichnungsweise ein:

Liegt der schirmende Körper zwischen dem Kondensator und der leuchtenden Röhre und erlischt die Röhre, so sagen wir der Körper schirmt hinter sich, liegt die leuchtende Röhre zwischen Kondensator und schirmenden Körper und erlischt die Röhre, so schirmt letzterer vor sich, liegt die leuchtende Röhre mit den schirmenden Körper in derselben Ebene,

die aber nicht durch die Kondensatoraxe geht, und erlischt die Röhre, so schirmt er neben sich.

25) Schirme aus Metall und überhaupt aus allen Substanzen, die hinter sich schirmen, schirmen auch vor sich und neben sich. Hält man hinter ein leuchtendes Rohr einen solchen Schirm, so erlischt es, wenn die Längen und Abstände beider passend gewählt werden.

Es schirmen: Metalle, selbst in sehr dünnen vollkommen durchsichtigen Schichten. Röhren, die mit Lösungen von Elektrolyten und zwar selbst sehr verdünnten gefüllt sind, Cylinder von festem Chlorblei etc.

Nicht schirmen Glasplatten, Glimmerplatten u. s. w.

26) Eine wachsende Schirmwirkung macht sich in einer allmählichen Verkürzung der Lichtsäule in der Entladungröhre bemerkbar.

Nähert man dem leuchtenden Rohr aus grossen Abständen allmählich einen Metallschirm, so verkürzt sich nach und nach die Lichtsäule, bis sie zuletzt auf einen kleinen zwischen den Kondensatorplatten gelegenen Rest zusammengeschrumpft ist, der dann bei weiterer Annäherung ganz plötzlich verschwindet.

27) Metallschirme von gleicher Länge schirmen vor sich gleich gut, fast unabhängig von ihrer Querdimension.

Drähte, die neben dem leuchtenden Rohre ausgespannt sind, schirmen fast eben so gut wie breite Metallbleche von gleicher Länge, ebenso verhalten sich Streifen aus Metalldrahtnetzen.

28) Das Dielektrikum worin sich der schirmende Körper befindet, ist ohne Einfluss.

Blanke und mit Kautschuk überzogene Drähte z. B. schirmen gleich gut. Hierbei dürfte das von Hertz untersuchte Verhalten der Dielektria raschen elektrischen Oscillationen gegenüber mit in Betracht kommen: die Oscillationen rufen rasch wechselnde Polarisationen im Dielektrikum hervor, welchen der Maxwell'schen Theorie zu Folge eine elektrodynamische Wirkung zukommt, die diejenige der auf den Leitern sich abspielenden Schwingungen unterstützt.

29) Die Länge L des Metallschirmes darf im Verhältnisse zur Länge der Lichtsäule l im leuchten-

den Rohre nicht zu klein sein, wenn noch Schirmwirkungen hervorgebracht werden sollen.

Bei einem Abstand von 1 cm des Schirmes von der Röhre muss L = $^1/_2$ bis $^1/_3$ l sein. Je weiter der Schirm von der Röhre fortrückt, um so länger muss der Schirm sein.

30) Ebene Metallbleche schirmen, sowohl wenn ihre Ebene senkrecht steht zu der Ebene, die durch die leuchtende Röhre und die Kondensatoraxe gelegt ist, als auch wenn sie irgend einen beliebigen Winkel mit derselben bildet, ja selbst wenn sie in derselben liegt.

Ihr der leuchtenden Röhre zugewandter Teil reduziert sich dann auf eine Linie, sie verhält sich wie ein Draht.

Aus diesem Verhalten erklärt sich z. B. das Resultat von Ed. Hagenbach und Zehnder. (Wied. Ann. 43 pg. 610, 1891.)

31) Leiter schirmen auch neben sich, was man in derselben Weise wie ihre Schirmwirkung vor ihr nachweisen kann.

32) Leiter erster und zweiter Klasse üben in weiten Grenzen gleich gute Schirmwirkungen auf die hier betrachteten Oscillationen.

Ein leuchtendes Rohr von 0,55 cm äusserem und 0,4 cm innerem Durchmesser und 30 cm Länge wird vor den Kondensatorplatten parallel der Axe derselben aufgestellt und ihm von der dem Kondensator abgewandten Seite der schirmende Körper genähert. Derselbe bestand aus einer 0,95 cm weiten Glasröhre, die 1) leer, 2) mit normaler KCl-Lösung (Leitfähigkeit $\lambda = 911 \cdot 10^{-8}$) 3) mit Wasserleitungswasser, 4) cylindrischen gegossenen $PbCl_2$-Stücken (λ viel kleiner als $0,4 \cdot 10^{-8}$), 5) Quecksilber $\lambda = 1$ gefüllt war.

In der folgenden Tabelle ist a der Abstand des leuchtenden Rohres vom Kondensator, b der Abstand des Schirmes vom leuchtenden Rohr.

Nimmt a zu, so nimmt die Stärke der Erregung ab, nimmt b zu, so nimmt die Strecke der Schirmwirkung ab (letztere hängt aber auch von a + b ab, d. h. von dem Abstand des Schirmes vom Kondensator).

a = 0,5 cm.	b
1) Leeres Glasrohr	ohne Wirkung.
2) KCl normal $\lambda = 911 \cdot 10^{-8}$	1,8 cm.
3) Wasserleitungswasser	0,2 cm.
4) Quecksilber $\lambda = 1$	1,8 cm.

a = 2,0 cm.	b
1) leeres Glasrohr	ohne Wirkung.
2) KCl normal $\lambda = 911 \cdot 10^{-8}$	4,0 cm.
3) Wasserleitungswasser	0,3 cm.
4) $PbCl_2$	1,0 cm.
5) Quecksilber	4,2 cm.
6) Metallschirm (7 cm : 25 cm, die Längsrichtung lag parallel zur leuchtenden Röhre)	ca. 4,0 cm.

Die Schirmwirkungen von Metallblechen, Quecksilber, KCl-Lösungen sind trotz der enormen Unterschiede in der Leitfähigkeit wenigstens nahezu gleich. Auch die von $PbCl_2$ ist nicht Null. Die Versuche mit letzterem sind aber nicht unmittelbar mit den andern vergleichbar, da die Bleichloridsäule sich aus einzelnen Stücken zusammensetzte.

33) Um die Leiter bildet sich also unter dem Einflusse einfallender Oscillationen ein **Schattenraum** aus und zwar hinter denselben, neben denselben und vor denselben. Anregbare Körper, die sich in diesem Schattenraum befinden, werden in ihm nicht angeregt, wenn nicht ihre Erregungsfähigkeit zu gross ist im Verhältnis zu der Schattenwirkung an der Stelle, an der sie sich befinden (u. s. w.).

Diese Erscheinung lässt sich ausgezeichnet als Vorlesungsversuch verwenden um die Schattenwirkungen zu zeigen.

34) Je enger die leuchtende Röhre ist, in um so grösserer Entfernung macht sich die Schirmwirkung eines angenäherten Metallschirmes geltend.

Eine 1,2 cm weite Röhre (A) und eine 0,3 cm weite (B) wurden nach einander parallel zu der Kondensatoraxe so aufgestellt, dass ihre Axen 2 cm von den Plattenrändern entfernt waren und die Entfernung bestimmt, in der ein 25 cm langer, 6 cm breiter hinter die Röhren gehaltener Zinkschirm (die Röhren lagen also zwischen Schirm und Kondensator) dieselben auslöschte. Es geschah dies in einer Entfernung von der äusseren Rohrwand bei Rohr A von 0,2 cm bei Rohr B von 1,5 cm. Die entsprechenden Entfernungen von der Rohraxe sind also bei Rohr A 0,8 cm, bei Rohr B 1,7 cm.

35) Mit abnehmender Stärke der in einem Rohr erregten Oscillationen genügt eine geringere Schirm-

wirkung ab, um das Leuchten zum Erlöschen zu bringen; ebenso mit zunehmender Schwierigkeit der Erregung, also bei zunehmendem Druck.

Um zunächst wenigstens ein Urteil über diese Verhältnisse zu gewinnen, wurde auf der einen Seite einer Entladungsröhre ohne Elektroden der Kondensator aufgestellt, so dass seine Axe derjenigen der Röhre parallel lag (neben ihn war eine anregende Röhre gelegt), auf der anderen Seite wurden Metallschirme aufgestellt. Die Röhre lag so zwischen Kondensator und Schirm. Vergrösserte man den Abstand a zwischen Röhre und Kondensator, in dem man den Kondensator fortrückte, so musste man auch den Abstand b zwischen Röhre und Schirm vergrössern; die Schirmwirkung wird also vermindert und zwar einmal in Folge des zunehmenden Abstandes von Rohr und Schirm und zweitens weil der Schirm selbst weiter von dem Kondensator entfernt ist. Bei einem so hohen Drucke, dass das Rohr eben aufleuchtet, ergab sich

$$a = 5 \quad b = 30 \text{ mm.}$$

Bei einem tieferen Drucken

$a = 0$ $b = 8$, $a = 10$ $b = 10$, $a = 20$ $b = 16$, $a = 30$, $b = 19$, $a = 40$ $b = 26$.

Aus diesen und zahlreichen ähnlichen Versuchen geht hervor: Je schwächer ein Rohr angeregt wird, je weiter es sich z. B. von dem Kondensator befindet, resp. je höher der Druck ist, um so weiter kann auch der auslöschende Schirm sich befinden, eine um so geringere schirmende Wirkung genügt zur Auslöschung. Während also für Oscillationen grösserer Intensität der Schirm noch keine vollkommene Schattenwirkung ausübt, ist dies für solche von geringerer Intensität bereits der Fall.

Solche Versuche lassen die Empfindlichkeit der Anregung unter den verschiedensten Verhältnissen studieren.

36) **Auch ein mit einem leuchtenden Gase erfülltes Rohr übt in seiner Umgebung eine Schirmwirkung hinter sich aus.**

Der Schatten liegt um das leuchtende Rohr rings herum.

Die leuchtenden Röhren verhalten sich also in dieser Hinsicht wie Metallschirme. Hieraus aber schliessen zu wollen, dass den leuchtenden Gasen („phosphorescirender Luft“) eine Leitfähigkeit zukomme, würde ungerechtfertigt sein, da einmal wie oben

gezeigt, die Eigenschaft der Leitfähigkeit hier überhaupt rein untergeordnete Rolle spielt, und andererseits der ganze Vorgang der Schirmwirkung offenbar auf ein elektrodynamische Erscheinungen zurückzuführen ist, die freilich bei den Leitern anders verlaufen als bei den Dielektricis.

37) Leuchtende Röhren üben auf andere leuchtende Röhren Schattenwirkungen vor sich aus. Die leichter erregbaren weiteren Röhren bringen die engeren schwerer erregbaren zum Erlöschen.

Von zahlreichen Messungen teilen wir die Folgenden mit. Untersucht wurden 3 Röhren von der Länge 30 cm und den Durchmessern 1) $d_1 = 1{,}2$ cm, 2) $d_2 = 0{,}8$ cm, 3) $d_3 = 0{,}3$ cm, ihre Axen lagen parallel der Axe des Endkondensators.

Stellt man Rohr 2 und 3 etwa im Abstand von 1 cm von den Plattenrändern des Endkondensators auf und näherte ihnen Rohr 1, so erlöschen sie bei einem Abstand von b cm, und zwar Rohr 3 bei $b = 1{,}5$ cm, Rohr 2 bei $b = 0{,}5$ cm.

Dabei zieht sich wie beim Annähern von Metallschirmen die Lichtsäule in dem erlöschenden Rohr von aussen nach der Mitte zusammen. Das Licht erlischt zuletzt plötzlich; unmittelbar vor dem Erlöschen ist die Helligkeit noch ziemlich gross.

38) Eine erste leuchtende Röhre A kann eine zweite B zum Leuchten bringen, kann dann aber durch B ausgelöscht werden. In grösserer Entfernung erregt A die Röhre B, in kleinerer löscht A die Röhre B aus.

Um diese Verhältnisse genauer zu verfolgen, wurde folgende Versuchsanordnung getroffen.

Ein engeres 3 cm weites Glasrohr ist in ein weiteres 5,5 cm weites Glasrohr gesteckt, beide sind mit ihren Rändern so mit einander verblasen, dass ein doppelwandiger cylindrischer Mantelraum entsteht. Derselbe kommuniziert durch ein senkrecht zur Cylinderaxe angeschmolzenes Glasrohr mit der Pumpe. Die Länge des Mantels ist 11 cm. In den von dem Doppelmantel G umgebenen innersten mit Zimmerluft erfüllten Hohlraum H wurden engere, evacuierte Röhren A und B gelegt von 1,2 cm Durchmesser und 10 resp. 30 cm Länge, oder auch Metallcylinder. Das Rohr G wird vor den Kondensatorplatten aufgestellt, an dem Kondensator ist eventuell noch eine anregende Röhre angelegt mit seiner Axe parallel der Kondensatoraxe.

Bei einem Drucke $p = 1$ mm bildet sich in dem Mantelraum zunächst den Kondensatorplatten ein helles rotes Lichtband aus, welches fast bis in die von dem Kondensator abgelegene Hälfte desselben reicht.

Legt man, während der Raum G leuchtet, A und B in den Raum H, so leuchten sie nicht. Das leuchtende Gas schirmt also A und B. Leitet man den Kondensator mit den Fingern ab und bringt dadurch G zum Erlöschen, so leuchtet nach Aufheben der Ableitung zunächst A resp. B auf und zwar stets hell, dann G, und in demselben Moment erlöscht A bezw. B vollständig.

Das nicht leuchtende Gas in G schirmt also A und B nicht, wohl aber das leuchtende.

Verschiebt man die Brücke von der einen oder anderen Seite nach der Stelle S, wo die Erregung von Entladungsröhren am Endkondensator am stärksten ist, also nach dem Knoten, so spricht stets zuerst A bezw. B an, dann setzt aber fast momentan das Leuchten in G ein, wodurch A bezw. B sofort wieder ausgelöscht werden.

Ist $p = 0{,}33$ mm, so leuchten die Röhren A und G abwechselnd auf; leuchtet die eine auf, so ist die andere dunkel.

Leitet man den Kondensator mit der Hand ab und nimmt sie wieder fort, so leuchtet A länger als bei den höhern Druck, ehe das Leuchten von G und das Erlöschen von A eintritt. Nähert man die Brücke der Stelle S, so leuchtet zunächst nur die innere Röhre A auf, bei weiterer Annäherung auch das äussere Rohr G, dann erlischt A.

Bei tieferen Drucken beginnen dunkele Schattenräume um die Kondensatorplatten (vergl. w. u.46) sich auszubilden, bei einem Druck $p = 0{,}01$ reichen sie bis in die vom Kondensator abgewandte Hälfte des Mantelraumes.

Ist A bezw. B nicht eingeschoben, so ist G ganz dunkel, beim Einschieben von B leuchtet G an dem von dem Kondensator abgewandten Stellen, B leuchtet stets. Zwischen B und dem Kondensator liegen jetzt keine leuchtenden Gasteile, und da B mit Gas von höheren Druck erfüllt ist, so erstrecken sich die Schattenräume nicht so weit in dieses hinein.

39) Aus diesen Versuchen lässt sich der Satz ableiten: Die verdünnten Gase an sich schirmen nicht,

sondern erst wenn sie durch die Oscillationen zum Leuchten gebracht sind.

Aus diesen Beobachtungen dürften sich u. A. auch die Resultate von J. Moser C. R. 110 p. 397. 1890 erklären.

40) Beim Eintritt des Leuchtens durch elektrische Oscillationen tritt in dem Feld um den Kondensator eine Aenderung der Energieverteilung ein.

Würde die Verteilung der Oscillationen im Raum, etwa um einen Kondensator, unabhängig sein von der Gegenwart leuchtender Gase, so dürfte die Intensität des Leuchtens eines Rohres nicht geändert werden, wenn an irgend einer Stelle ein anderes Gas zum Leuchten gebracht wird (abgesehen von Schirmwirkungen); das ist aber nicht der Fall.

Neben dem Endkondensator wurde das unten erwähnte Rohr R mit inneren Belegen mit seiner Axe parallel der Axe des Kondensators und zwischen die Platten desselben in ziemlicher Entfernung von ersterem Rohr die Kugel K (No. 41) gebracht. Beim Verschieben der Brücke leuchtete stets zunächst R hell auf, gleich darnach aber K und zugleich erblasste R wesentlich. Es ist, als ob zunächst der grösste Teil der im Kondensator sich anhäufenden Energie sich durch R ausgliche, dann aber ein Teil derselben durch K, wodurch der auf R kommende Teil wesentlich herabgesetzt wird.

Für alle theoretischen Berechnungen ist gerade dieses Resultat von ausnehmend hoher Bedeutung!

D. Erscheinungen in Entladungsröhren unter dem Einfluss von Oscillationen.

1) Erscheinungen in evakuirten Räumen zwischen den Condensatorplatten.

41) In Entladungsräumen, die zwischen den Platten eines Kondensators sich befinden, entsteht die Glimmlichtstrahlenschicht, der dunkle Trennungsraum und das sog. positive Licht. Diese Erscheinungen sind also nicht an die Gegenwart von Metallen gebunden.

Die äussere Begrenzung der Lichterscheinung berührt nicht die Wand des Gefässes, sie umhüllt ferner selbst in vielen Fällen einen dunklen Raum.

Bringen wir in den Raum zwischen den beiden Platten des Kondensators mit Drathnetzplatten ein irgend wie gestaltetes Gefäss mit verdünnten Gasen, so tritt unter dem Einfluss von elektrischen Oscillationen unter gewissen äusseren Bedingungen eine typische Erscheinung auf, deren Grundzüge auch bei verschieden geformten Gefässen die gleichen bleiben, die sich aber nach verschiedenen Richtungen, wenn die äusseren Bedingungen sich verändern, verschieden gestaltet. Wir haben zunächst vor allem die Fälle untersucht, in denen das Gefäss war: eine Kugel, (8 cm Durchmesser), verschieden lange Cylinder mit ebenen Endflächen, (4 cm weit und 5 bezw. 10 cm lang), die mit ihrer Axe parallel den Kondensatorplatten, standen und ein parallelepipedisches Gefäss aus ebenen Glasplatten (Kantenlänge 4,4 : 4,4 : 7 cm).

Die Bedingungen, unter denen die Erscheinung am deutlichsten hervortritt, sind die folgenden: 1) Ein bestimmter Druck, bei Luft z. B. ca. 1 mm, 2) die Kondensatorplatten dürfen das Gefäss nicht vollkommen berühren, sondern müssen ein wenig von den Wandungen desselben abstehen, 3) Es müssen die ca. 13 m langen Dräthe entsprechend dem System I mit einer Brücke überbrückt sein.

Die Erscheinung ist symmetrisch zu der Mittelebene des Kondensators. Zunächst den Kondensatorplatten liegt eine Glimmlichtschicht. Bei der Kugel ist die Begrenzung derselben eine Kalotte, die indess die Glasoberfläche nicht vollkommen berührt; an das Glimmlicht schliesst sich ein dunkler Raum, der indess nach der Glimmlichtschicht hin; nicht scharf begränzt ist; er trennt die Letztere von dem sogenannten positiven Licht, das bei Luft rötlich gefärbt ist; dasselbe ist nach den beiden Kondensatorplatten hin durch eine den Platten parallele Ebene scharf von dem eben erwähnten dunklen Raum getrennt. Gehen wir also in der Richtung von der einen Kondensatorplatte zur anderen, so kommen wir der Reihe nach von dem Glas durch eine dunkle Schicht, die Glimmlichtschicht, den einen dunklen Raum ν_1, das rötliche Licht, den zweiten dunkeln Raum ν_2, die zweite Glimmlichtschicht, eine zweite dunkle Schicht. Die dunkeln Räume ν_1 und ν_2 würden bei der gewöhnlichen Form der Entladung den dunklen Trennungsräumen entsprechen.

Befindet sich in dem Gefäss statt Luft Leuchtgas, Wasser-

stoff oder Kohlensäure, so bleibt der Typus der Erscheinung der gleiche; nur die Farbennüancen sind andere.

Bei dem Cylinder und dem Parallelepiped gehen die Glimmlichtstrahlen, zunächst vorausgesetzt, dass die Endflächen aus einem Dielektrikum bestehen, nur von den Rändern der Endflächen aus. Bei dem Parallelepiped entsteht so ein bläuliches Viereck an jeder Grenzfläche, bei dem Cylinder ein bläulicher Kreisring, die beide in der Mitte dunkel sind. Das rötliche Licht, das von den Glimmlichtschichten durch dunkle Räume getrennt ist, bildet dann hohle Parallelepipede resp. hohle Cylinder, die an beiden Enden offen sind.

Bei allmählichem Entfernen der Kondensatorplatten voneinander wird die Glimmlichtschicht dünner und verschwindet zuletzt ganz; zugleich dehnt sich die rötliche Lichtsäule weiter aus und erfüllt zuletzt fast den ganzen Raum, indess steht sie von den Endflächen, wie von den Seitenflächen bei Cylinder und Parallelepiped und von der ganzen Oberfläche bei der Kugel ab, sie schwebt in letzterer wie ein rothglühender Ball. Bei den ersten beiden Gefässen ist indess stets der axiale Hohlraum in der Mitte zu erkennen. Ebenso verschwinden die typischen Erscheinungen, wenn man die Brücke verschiebt, so dass nicht mehr eine so vollkommene Konsonanz zwischen den Schwingungen der verschiedenen Teile des Drahtsystems besteht, ferner, wenn man die beiden Dräthe an andern Knoten überbrückt.

Nähert man die Kondensatoren bis zur Berührung, so werden die Glimmlichtstrahlen immer heller, und Kathodenstrahlen treten auf. (Hierüber wird in der vollständigen Mitteilung noch genauer zu handeln sein).

Mit abnehmendem Druck löst sich die Glimmlichtschicht immer mehr von der Wand los, sie verbreitert sich, rückt nach dem Inneren vor und das positive Licht verschwindet mehr und mehr.

Besonders typisch ist der Gang dieser Erscheinungen bei der Kugel, den wir ganz kurz skizzieren wollen, und zwar für Leuchtgas, wo sie der Farbe wegen leichter erkennbar sind. Bei relativ hohem Druck haben wir die beiden, hier bläulich weissen Kalotten, das Innere der Kugel ist von weisslich grünem Licht erfüllt, das von den Kalotten durch dunkle Räume getrennt ist, die äussere hellere Begrenzung der Kalotten geht in die äussere Umhüllung des mittleren weisslich-grünen Lichtes über. Mit abnehmendem Druck

rücken die Kalotten von den Kondensatoren fort, sie greifen mit ihren äusseren Flächen weiter nach der Medianebene über, die dunkeln Räume werden grösser, sie verlängern sich an ihren peripherischen Teilen nach der Medianebene und verdrängen dadurch das grünlich-weissliche Licht, bis dies zuletzt vollkommen verschwunden ist.

So entsteht ein leuchtender Hohlkörper (Hohlkugel), der einen inneren dunklen Raum umgibt und dessen äussere Begrenzung bis zu etwa 1 cm von der Wand der Kugel absteht.

Die Gestalt des Hohlkörpers ist bei diesen Drucken ein abgeplattetes Rotationsellipsoid, während diejenige der ganzen Lichtmasse bei höheren Drucken ein verlängertes Rotationsellipsoid ist.

Mit noch weiter abnehmendem Druck wird die Wandstärke des Hohlkörpers immer grösser und sein Durchmesser immer kleiner.

Eine Zunahme der Wandstärke des Hohlcylinders in cylindrischen Röhren etc. wurde auch beobachtet.

Ein Analogon zu dem von Licht freien äusseren Raum bei der Kugel finden wir übrigens auch bei den gewöhnlichen Entladungsröhren, nie liegt der rote sog. positive Lichtcylinder an der Rohrwand ganz an, sondern ist stets von derselben durch mehr oder weniger grosse Zwischenräume getrennt, die einzelnen Schichten scheinen in der Röhre zu schweben. Der Zwischenraum wird mit abnehmendem Druck immer grösser.

42) In cylindrischen Röhren, deren Endflächen entweder aus Dielektris oder aus Metallen bestehen, sind die Erscheinungen im Wesentlichen gleich, sie sind also nicht dadurch bedingt, dass die im Gase verlaufenden Oscillationen beim Austritt aus demselben oder Eintritt in dasselbe auf Leiter oder Nichtleiter treffen. Auch bei dem Metall zieht sich, falls die Kondensatorplatten es nicht berühren, das Glimmlicht auf einen Kreisring zusammen, der indess breiter zu sein scheint, als beim Glase. Siegellack und Glas, also mehr oder weniger vollkommene Nichtleiter, verhalten sich ganz gleich.

Die oben besprochene Erscheinung, dass die Entladung nicht einen massiven Lichtcylinder etc. darstellt, sondern als ein Hohlgebilde auftritt, lässt sich vielleicht damit parallelisieren, dass sich in Leitern die oscillatorischen Entladungen nach der Oberfläche

drängen. Die Thatsache, dass das Lichtgebilde von den Rohrwandungen zurückweicht, könnte auf einer Schirmwirkung der zentralen Teile des erregten Gases auf die peripherisch gelegenen beruhen.

Jedenfalls lehren diese Versuche, dass man nicht ohne weiteres die Erscheinungen in verschiedenen Querschnitten eines cylindrischen Rohres lediglich als Funktion des Abstandes dieses Querschnittes von den Endflächen des Cylinders darstellen kann. Die Cylinderwände haben wesentlichen Einfluss, sobald die Feldvectoren periodische Funktionen der Zeit von grosser Periodenzahl sind.

43) Bringt man zwischen die ziemlich weit abstehenden Platten eines Kondensators eine Glaskugel, die durch ein Ansatzrohr mit der Pumpe kommuniciert, sodass das Ansatzrohr parallel zu den Kondensatorplatten liegt, so treten keine Oscillationen in das Ansatzohr, wenn dasselbe in der Medianebene liegt. Verchiebt man den Kondensator, so dass die Kugel nicht mehr symmetrisch steht, so geht in das Ansatzrohr ein Lichtbündel und zwar scheinbar von der Platte aus, welche dem Rohr näher ist; dasselbe erfüllt auch das Rohr nur auf der Seite, welche dieser Platte zugewandt ist, dieses Lichtbündel reicht sehr weit in die Ansatzröhre.

Dreht man den Kondensator so, dass die Ansatzröhre gegen seine Axe geneigt ist, so komplizieren sich die Verhältnisse. Bei tiefen Drucken, wo die Lichtkugel im Inneren weit von den Wänden absteht, tritt die Entladung nicht in das Ansatzrohr.

Ganz dieselben Phänomene treten bei cylindrischen Röhren und bei parallelepipedischen Trögen auf, welche mit Ansatzröhren versehen sind.

44) Ein Stanniolcylinder, der aussen um die Kugel gelegt ist und dessen Axe parallel der Axe des Kondensators steht, übt keinen wesentlichen Einfluss auf die Erscheinungen aus.

Die Kugel leuchtet nach wie vor, nur zieht sich die Lichtkugel etwas von den Wänden zurück, verwandelt sich also aus einer Kugel in eine Art Lichtcylinder. Dies zeigt, dass die Oscillationen nicht aus der Luft zwischen den Kondensatoren, sondern von den Kondensatorplatten zu dem Gase in der Kugel ge-

langen, dass also die Metalloberflächen der Kondensatoren das Führende, die Form der Erscheinungen bestimmende sind.

45) Stäbe, im Innern eines gasverdünnten Raumes, durch den Licht erregende Oscillationen hindurchgehen, rufen Schatten hervor.

a) Wurde ein Glas- oder Metallstab so in die Kugel eingeführt, dass er in der Medianebene lag und senkrecht zu der Axe des Kondensators stand, so lagen auf seinen beiden Seiten in der durch ihn und die Kondensatoraxe gelegten Ebene dunkele Räume, „Schatten", die sich etwa 1 cm weit in das leuchtende Gas erstrecken. Wurde die Kugel unsymmetrisch zu den beiden Kondensatoren gestellt, so war derjenige Schatten der längere, der auf der der zunächst stehenden Kondensatorplatte abgewandten Seite lag.

b) Liegt ein Metallstab in der Kugel parallel zu der Axe des Kondensators, so tritt bei relativ sehr hohen Drucken an den beiden Enden a und b des Metallstabes blaues Glimmlicht auf, das sich über die Wand der Glaskugel verbreitet und dort den Lichtenberg'schen Figuren ganz ähnliche Gestalten zeigt. Mit abnehmendem Drucke verbreitert sich das Glimmlicht nach der zunächst lichtlosen Mitte des Stabes hin, bis bei einem gewissen Druck und einem gewissen Abstand der Enden des Glimmlichtes (1—2 cm) von einander die Enden des letzteren durch eine rote Lichtbrücke d verbunden werden. Das rote Licht ist von dem Stab durch einen dunklen Raum c getrennt. Um das rote Licht lagert sich ein zweiter dunkler Raum e, auf den dann nach der Wand hin ein äquatorialer leuchtender Hohlcylinder f folgt; an den Enden des Stabes liegen von demselben durch dunkle Räume getrennte bläuliche Kalotten. Das ganze Phänomen erinnert in seinen Grundformen an das bei einer Kugel ohne Draht.

Bei weiter abnehmendem Druck vergrössert sich der dunkle Raum c, d rückt gegen f vor und bringt so den Raum e zum Verschwinden. Um den Stab liegt ein dunkler Cylinder, der bei noch weiter abnehmendem Drucke vollkommen verschwindet, alsdann ist die Erscheinung ganz dieselbe wie bei einer Kugel ohne Draht

Zu beachten ist, dass wenn die leuchtende Hohlkugel sich von den Wänden zurückgezogen hat, die in den Räumen zwischen Wand und leuchtender Hohlkugel befindlichen Drathstücke ganz dunkel sind.

2) *Erscheinungen in evakuirten Röhren, die neben den Kondensatorplatten gelegt sind, so dass ihre Axe parallel der Kondensatoraxe ist.*

46) a) **Die Lichterscheinungen in einem Entladungsrohr, welches quer neben die Platten eines Kondensators gestellt wird, so dass also seine Axe parallel der Kondensatoraxe liegt, sind, wenn keine Brücke über die Zuleitungsdräthe gelegt wird, unsymmetrisch.**

b) **Wird eine Brücke über die Zuleitungsdräthe gelegt, so wird das Bild symmetrisch.**

Bei niederen Drucken weicht die Entladung von den Kondensatorplatten zurück. Es bildet sich um die Platten ein beschatteter Raum.

Den typischen Verlauf der Lichterscheinung gibt z. B. etwa ein 3,5 cm weites und 40 cm langes Rohr.

Bei einem Druck $p = 2$ mm setzen sich ohne Brücke, an den Punkten a und b des Rohres, welche den Kondensatorplatten gegenüber gelegen sind, senkrecht zu der Rohrwand, zwei blaue Bündel, wir wollen sie Glimmlichtstrahlen nennen, an. Von a geht die rote Lichtsäule zunächst bis an die Wand, etwa in die Mitte zwischen den beiden Kondensatorplatten hin, breitet sich dann aus, um mit dem von b ausgehenden Glimmlichtstrahlen ihre Vereinigung zu suchen, die Erscheinung ist also unsymmetrisch. Auf beiden Seiten bei a und b ist das rothe Licht durch den dunklen Trennungsraum von den Glimmlichtstrahlen getrennt. In den von a und b nach aussen gelegenen Teilen ist sog. positives rotes Licht zu sehen.

Entfernt man die Kondensatorplatten von dem Rohr, so verschwindet bei diesem, sowie bei allen folgenden Versuchen das blaue Glimmlicht.

Legt man eine Brücke über, so wird die Erscheinung vollkommen symmetrisch. Bei a und b setzen sich die Glimmlichtbündel an, von denen das rote Licht durch einen dunklen Zwischenraum getrennt ist.

Die Erscheinung ist aber nicht etwa in der Weise symmetrisch, dass sich die beiden Erscheinungen über einander lagern, die den zwei Fällen entsprechen, wo abwechselnd die eine oder die andere Kondensatorplatte die positive ist, sondern nach den Aussehen der Lichterscheinung zu schliessen, müssten dauernd beide

Kondensatorplatten negativ sein. Dies lässt sich daraus erklären, dass die durch eine erste Oscillation an der negativen Elektrode hervorgerufenen Vorgänge, die zum Auftreten von Glimmlicht, von Kathodenstrahlen etc. Veranlassung geben, noch nicht merklich abgeklungen sind, wenn eine zweite Oscillation, deren Richtung der der ersten entgegengesetzt ist, an derselben Stelle ankommt, in unserem speziellen Falle also nach 10^{-} Sekunde. Ist die zweite Oscillation von derselben oder nahezu von derselben Intensität wie die erste, wie es bei den Resonanzschwingungen der Fall ist, so muss die Erscheinung symmetrisch werden, ist die zweite Oscillation viel schwächer als die erste, wie dies bei den primären Schwingungen der Fall ist, so muss die Erscheinung unsymmetrisch sein.

Weitere Versuche mit immer langsameren Oscillationen, sollen die Abklingungszeit genauer feststellen. (Dass die das Glimmlicht etc. hervorrufenden Ursachen relativ lange Zeit anhalten, folgt auch schon aus älteren Versuchen z. B. von Warren de la Rue, Warburg u. a.).

Mit abnehmendem Drucke bis zu $p = 0.029$ mm ist nach einer in der vollständigen Abhandlung zu erörtenden Reihe von Uebergängen an den Kondensatorplatten kein Glimmlicht mehr deutlich zu sehen, gegenüber tritt deutliches grünes Licht auf. Die ursprünglich rote, jetzt weissliche Lichtsäule ist gegenüber den Kondensatorplatten zur Seite gedrängt, es ist um diese herum ein dunkler Raum entstanden.

Evakuirt man noch mehr, so weicht die weissliche Lichtsäule auch an den Stellen zwischen den Kondensatorplatten zurück, bis endlich die Entladung durch die Dunkelräume ganz abgeschnürt wird und vollkommen erlischt.

Die dunklen Räume (Schattenräume) um die Kondensatorplatten erstrecken sich um so mehr in das Gas hinein, je verdünnter es ist.

Ausnehmend elegant gestalten sich die eben beschriebenen Erscheinungen, wenn man in den inneren Cylinder des unter 38 beschriebenen doppelwandigen Rohres die Platten (3,5 cm Radius) eines kleinen Plattenkondensators mit seiner Axe parallel der Röhrenaxe einschiebt; dann entsteht in dem Mantelrohr eine nach allen Seiten gleichmässige Erscheinung. Zunächst befinden sich den Plattenrändern gegenüber zwei blaue Ringe aus

Glimmlicht, zwischen ihnen ein rother, breiter, heller Cylinder und ausserhalb des Glimmlichtes ein allmählig nach aussen schwächer werdender rother Cylinder; beide Cylinder sind von den blauen Ringen durch dunkle Trennungsräume getrennt.

Leitet man bei höherem Druck diejenigen zwei Stellen a_1 und b_1 des Rohres ab, die auf den den Kondensatorplatten gegenüber liegenden Stellen gelegen sind, so treten auch an diesen Glimmlichtstrahlenbündel α_1 und β_1 auf, die den ursprünglichen von a und b ausgehenden α und β sich zukehren. Zu α_1 und β_1 strebt ebenfalls rötliches Licht hin; verschiebt man die Ableitung, so ändert sich die Neigung beider Glimmlichtstrahlenbündel, indem stets α und α_1 und β und β_1 einander sich zuwenden. (Eine genaue Beschreibung ist nur mit Zuhülfenahme zahlreicher Figuren möglich).

Die ganze Erscheinung dürfte sich darauf zurückführen lassen, dass wir bei Ableitung zweier Stellen, gleichsam zwei Kondensatoren, statt eines einzigen haben.

47) Das Studium der Erscheinung bei starker Evakuation lässt sich genauer verfolgen, wenn man weitere Röhren zur Untersuchung verwendet.

In einem Rohr von 12 cm Länge und 7 cm Weite, dessen Axe parallel der Axe des Kondensators stand und das quer neben den Kondensator gestellt war, war bei einem Druck von p = 0.06 mm das rötliche Licht bis in die Hälfte des Entladungsrohres zurückgedrängt, welche der Kondensatorplatte abgewandt ist. Gegen die Kondensatorplatte hin wird es im allgemeinen durch eine Ebene ziemlich scharf begrenzt, an den Stellen, welche den Zwischenraum zwischen den Kondensatorplatten entsprechen, drang in das Licht ein bogenförmiger dunkler Einschnitt vor. Zu beiden Seiten desselben gingen relativ lichtschwache, nach aussen gekrümmte, rötliche Bänder nach den Kondensatorplatten. Sie entsprechen zu diesen hin und von ihnen fort gehenden Oscillationen. Glimmlichtstrahlen etc. waren hiebei nicht zu sehen.

Die Erscheinung ändert ihren Charakter nicht bei Annähern des Kondensators an die Röhre oder Entfernen von derselbe, bei Aenderung des Potentiales durch Aenderung der Länge der primären Funkenstrecke, Aenderung der Kapacität des Kondensators u. s. f. (Die Einzelheiten werden in der vollständigen Abhandlung gegeben).

Die den zurückgedrängten Cylinder positiven Lichtes mit

den Kondensatorplatten verbindenden Lichtbögen treten auch in engeren Röhren auf, sind dort aber nur unter besonders günstigen Versuchsbedingungen zu beobachten.

48) Am Ende eines Rohres setzt sich dem Eindringen der Oscillationen ein Widerstand entgegen.

Am Ende eines Rohres bilden sich Schichten aus.

Das Ende eines von Oscillationen erfüllten Rohres, dessen Axe parallel der Kondensatoraxe liegt und das quer vor dem Kondensator steht, ist dunkel, es setzt sich dort dem Eindringen der Oscillationen ein Widerstand entgegen, es schirmt sich gewissermassen selbst.

Zwischen derer einem Ende eines Rohres genäherten Kondensatorplatte und dem Ende bilden sich Schichten aus. Das Ende steht ausserhalb der beiden durch die Kondensatorplatten gelegten Ebenen.

Zu den folgenden Versuchen diente ein 40 cm langes, 0,4 cm weites Rohr mit einer Wandstärke von 0,17 cm, das an dem einen Ende zugeschmolzen, an dem andern mit der Pumpe verbunden war. Der Abstand der beiden Kondensatorplatten A und B war ca. 10 cm. Es war nur eine Brücke übergelegt.

Die typischen Erscheinungen werden am deutlichsten, wenn man den Abstand der dem Ende des Rohres zunächst gelegenen Kondensatorplatte B von dem Ende = 4,5 cm macht. Der Rand der Platten stand von der Rohrwand um 6 mm ab. Auf der Seite von A reicht das rothe Licht bis auf etwa 20 cm in das Rohr hinein. Gegenüber von A liegt ein bläulicher Fleck a, zwischen ihm und einem analogen Fleck b gegenüber B ist rothes Licht. Von dem Ende des Rohres an ist dieses bis auf etwa 0,7 cm dunkel.

Zwischen dem Rohrende und a liegen abwechselnd bläuliche und röthliche Lichtstreifen und zwar schliesst sich an a ein röthlicher α, dann ein bläulicher, dann ein röthlicher β, dann ein bläulicher. Man kann dieselben als Schichten auffassen, der Abstand der Mitten von α und β ist ca. 1 cm.

Denkt man sich die Schichten entstanden durch stehende Wellen, hervorgerufen durch Reflexion von Oscillationen, die von den Kondensatorplatten ausgehen, und die an dem Rohrende reflectiert werden, so wäre der Abstand zwischen α und β gleich einer halben Wellenlänge λ, also

$$\frac{\lambda}{2} = 1 \text{ cm}, \lambda = 2 \text{ cm}.$$

Die Grundschwingung unseres Drahtes entspricht einem $\lambda_1 = 24$ **m**, wir hätten also etwa die 1200te Oberschwingung vor uns.

Schiebt man die Platte B weiter nach dem Ende zu, so rückt der violette Raum f nach einander über die röthlichen Schichten fort, die aber bis sie von demselben überschritten sind, unverändert ihre Lage beibehalten.

Steht die Platte B gegenüber dem Ende, so wird das Lichtbündel von ihr fort an die Wand gedrängt und erzeugt dort grünes Licht.

Verschiebt man den Kondensator noch weiter, so dass also das Ende der Röhre zwischen die beiden Kondensatorplatten zu liegen kommt, so bleibt die Erscheinung am Ende des Rohres dieselbe, wird nur lichtschwächer und verschwindet erst vollkommen, wenn auch die Platte A über das Ende des Rohres tritt.

Bei dem allmähligen Verschieben des Kondensators verkürzt sich auch die Lichtsäule jenseits von A und zwar tritt ein solches Verkürzen fast plötzlich ein, wenn B sich ganz nahe an dem Ende befindet; sie schneidet dann nach einer kleinen weiteren Verschiebung mit A ab, und zwar so lange als überhaupt noch Licht zu sehen ist.

Die Erscheinungen sind dieselben bei verschiedenen Längen der primären Funkenstrecke, verschiedenen Abständen der Platten des Endkondensators etc., vor allem bleibt der Schichtenabstand der gleiche.

Mit zunehmendem Abstand der Röhre von den Kondensatorplatten verschwimmt das ganze Bild.

Der dunkle Raum, der sich am Ende eines Rohres ausbildet, tritt auch schon auf, wenn man ein Rohr nur stark verengt, etwa ein Capillarrohr an ein weiteres Rohr setzt und es neben den Kondensator legt; es bildet sich dort eine Art von Uebergangswiderständen. Hiermit hängen die sekundären Kathoden zusammen, die an den verengten Stellen auftreten.

48) Gehen die Oscillationen aus einer weiten in eine enge Röhre, so verwandelt sich die Farbe aus roth in blau, wie bei der gewöhnlichen Entladung. Es lässt sich dies z. Bsp. bei gewöhnlichen Geisslerschen Röhren

beobachten, die man mit ihrer Axe parallel der Kondensatoraxe neben den Kondensator legt. Die enge Röhre ohne weite Ansatzstücke spricht überhaupt nicht an.

49) Enge Capillaren setzen dem Durchdringen der Lichtsäule einen grossen Widerstand entgegen.

Neben die 13 cm weit von einander entfernten Platten des Endkondensators (eine Brücke wurde übergelegt) wurde eine an einer isolierenden Klammer befestigte Geisslersche Röhre mit 7 cm langen, 1,5 cm weiten Elektrodenräumen und capillarem Verbindungsstück von 6 cm Länge und 0,1 cm Durchmesser gebracht. Lag das capillare Verbindungsstück einem Plattenrande gegenüber, so schnitt die Lichtsäule scharf an dieser Stelle ab und erstreckte sich nicht weiter nach dem aussen liegenden Teile der Röhre hinüber, selbst wenn die Röhre die Platte berührte. Erst wenn die Berührungsstelle bis auf etwa 2 cm einem Ende der Capillaren sich näherte, schoss die Lichtsäule mit einem Male durch die ganze Röhre und erfüllte dann auch stets den ganzen weiteren Raum um die Elektroden, der ausserhalb der Kondensatoren lag.

50) Entladungen des primären Kondensators durch elektrodenlose Röhren sind unsymmetrisch.

Verwendet man zur Erregung der elektrodenlosen Röhren nicht die langsam abklingenden Schwingungen eines resonierenden Drahtkreises, sondern die schnell gedämpften Oscillationen des primären Kondensators selbst, bei denen vorzüglich die erste immer in derselben Richtung erfolgende Entladung zur Wirkung kommt, so macht sich der Unterschied zwischen positivem und negativem Pol dadurch in hohem Grade bemerklich, dass in einem parallel zum primären Kondensator gehaltenen elektrodenlosen weit ausgepumpten Rohre die Lichtsäule bei der positiven Platte an die derselben zunächst liegende Wand gedrückt wird, bei der negativen an die abliegende. Ausserdem zeigen sich starke statische Ladungen, durch welche die ganze Röhre gegen die Platte hin gezogen wird (Versuche von Hagenbach und Zehnder).

Legt man die Röhre vor die beiden Platten u und u' des primären Kondensators so, dass ihr eines Ende parallel der positiven, ihr anderes parallel der negativen Platte liegt, so erhält man eine knieförmige Lichtfigur, an der positiven Platte befindet sich entsprechend dem eben Angegebenen die Lichtsäule an der

der Platte zugewandten Seite, an der negativen Platte an der von derselben abgewandten, eine das Rohr schräg durchsetzender Lichtband verbindet beide Teile.

Besonders schön zeigt sich die hierher gehörige Erscheinung, wenn man einen Draht einmal an der positiven, dann an der negativen Platte befestigt, diesen in einigen Windungen um die Röhre legt und dann blind enden lässt. Bei Verbindung mit der + Platte folgt die spiralig gewundene Lichtsäule dem Drahte, bei Verbindung mit der — Platte legt sie sich in die Zwischenräume zwischen den Drahtwindungen.

51) Kugeln mit äusseren Belegen zeigen im wesentlichen dasselbe Verhalten, wie solche mit inneren Elektroden.

An eine Kugel von 8 cm Durchmesser wurden aussen einander gegenüber zwei Stanniolringe von 3,8 cm Durchmesser geklebt, und die Kugel zwischen die Platten des Endkondensatoren so gestellt, dass die Axe des Kondensators parallel der Verbindungslinie der Mitten der Stanniolringe lag. Waren die Kondensatoren nicht mit dem Stanniol in Berührung, so war die Erscheinung im wesentlichen die früher beschriebene, die Glimmlichtstrahlen gingen an den den Kondensatoren zunächst gelegenen Stellen aus. Berührte man aber die Stanniolringe mit den Platten des Kondensators, so verbreitete sich das Glimmlicht über die ganzen Ringe, und zwischen ihnen lag ein Hohlzylinder, der besonders hell an der Berührungsstelle mit dem Kondensator und an der gegenüberliegenden Seite war.

Ersetzte man die Ringe durch Stanniolkalotten, so trat bei höheren Drucken das Glimmlicht nur am Rande auf, mit abnehmenden Drucke verbreitete es sich immer weiter nach Innen (vgl. unsere erste Mitteilung).

Unter diesen Versuchsbedingungen ist auch der Einfluss der Ableitung der Wand sehr schön zu beobachten (vgl. unsere erste Mitteilung).

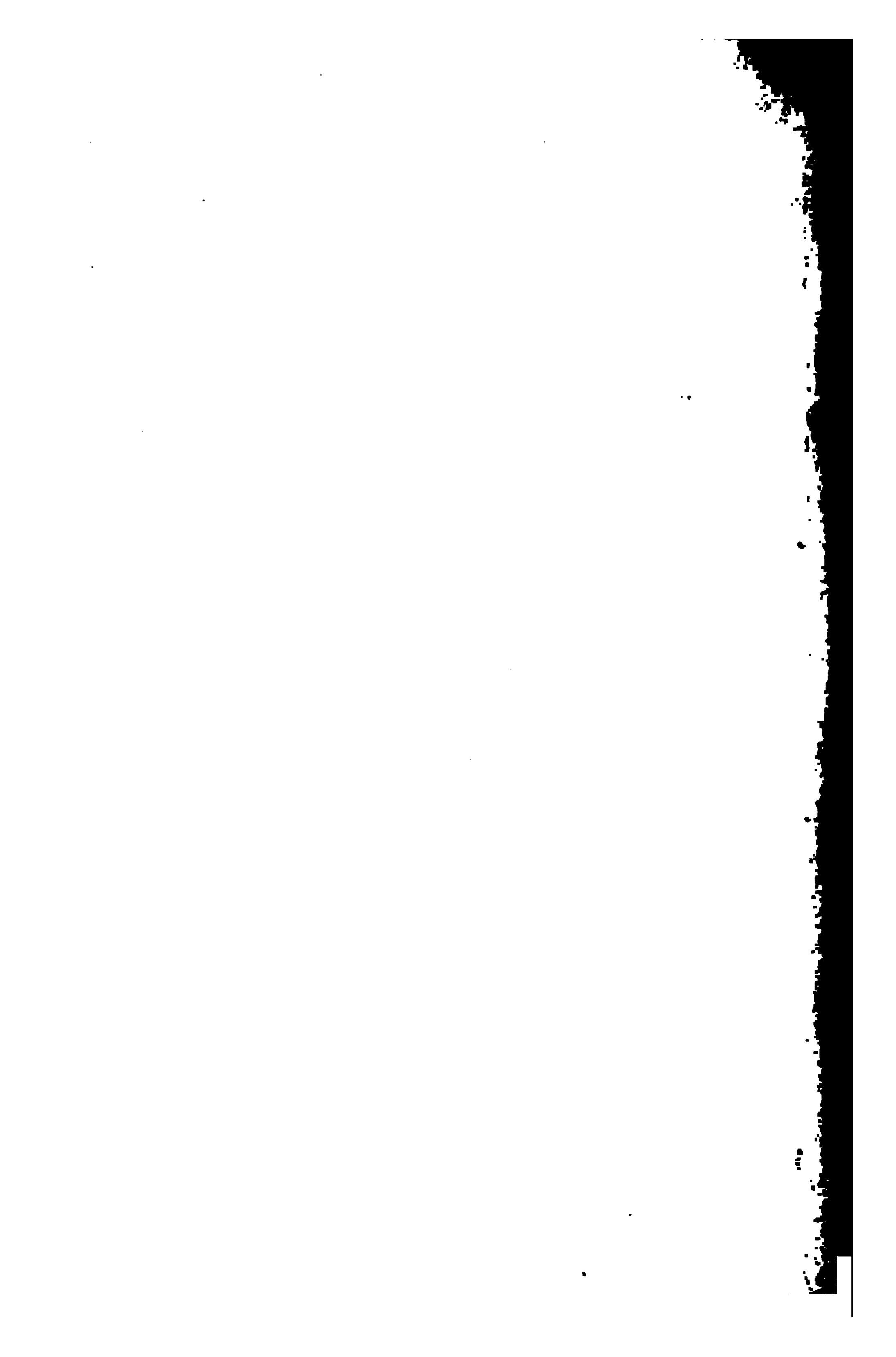
52) In einem evacuierten Gase, das einen der Zuführungsdrähte umgiebt, sind die den Knoten und Bäuchen entsprechenden Stellen deutlich zu erkennen.

An ein 4 cm weites und 130 cm langes Rohr wurden engere Ansätze angeschmolzen, in diese ein weites Rohr gekittet und durch dieses einer der langen Drähte zwischen primärem und

Endkondensator geführt. Das weite Rohr wurde evacuiert. Befand sich dasselbe über einem Knoten, so leuchtete das Gas an den diesen entsprechenden Stellen nicht, dagegen nur an den benachbarten Stellen.

53) Falls ein Gas die Erscheinungen zeigt, die man gewöhnlich als positive Lichtsäule bezeichnet, ist anzunehmen, dass es durch elektrische Oscillationen zum Leuchten gebracht ist, und dass diese Erregung eine durch keine äusseren Umstände gestörte ist. Treten Modificationen auf, so geht das positive Licht z. B. in das Glimmlicht über, eventuell kann es sich auch scheinbar in Kathodenstrahlen verwandeln, indess haben wir hier eine Transformation in Oscillationen ganz anderer Art vor uns wol. Solche den Charakter der Oscillationen modifizierenden Umstände sind besonders zu beobachten an der Austritts- resp. Eintrittsstelle der Oscillationen in das Gas, bei Gegenwart von inneren und äusseren Elektroden, einerlei ob dieselben den Entladungsraum berühren oder nicht, Verengung oder Röhren etc. — Aus dieser Auffassung folgt ohne weiteres, dass man die Umwandlung des positiven Lichtes in Glimmlicht allmählich vornehmen kann.

54) Bezüglich der Kathodenstrahlen sind wir zu einer später noch näher zu begründenden Ansicht gelangt, nach welcher dieselben mit dem magnetischen Vektor der elektrischen Oscillationen, der ja immer gleichzeitig mit dem elektrischen auftritt, in engstem Zusammenhange steht.



Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.

25. Heft.

1893.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

1893.



Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.



25. Heft.

1893.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

1893.

Inhaltsverzeichniss.

Stand der Mitglieder

am 1. November 1893

48 ordentliche, 34 Ehren- und 76 korrespondierende Mitglieder.

In der folgenden Liste stehen die Abkürzungen: O.M. für ordentliches, K.M. für korrespondierendes, E.M. für Ehrenmitglied. Die Jahreszahlen beziehen sich auf die Zeit der Ernennung.

A. Ordentliche Mitglieder.

Bacharach J. Dr., kgl. Reallehrer, 1880.
Beckmann Ernst Dr., Professor, 1893.
Bischoff Dr., prakt. Arzt, 1893.
Blanckenhorn Max Dr., 1890.
Böttiger Aug., Apotheker, 1863.
Bouda Dr., 1893.
Brommer, Apotheker, 1885.
Büttner G., kgl. Reallehrer, 1880.
Bumm A. Dr., Professor, 1886.
Busch M. Dr., Privatdozent, 1890.
Ebert H. Dr., Privatdozent, 1886.
Eversbusch O. Dr., Professor, 1886.
Fischer G. O. Dr., Professor, 1885.
Fischer Dr., Assistent, 1893.
Fleischer Rich. Dr., Professor, 1877.
Fleischmann A. Dr., Privatdozent, 1886.
Fritsch O. Dr., prakt. Arzt, 1888.
Frommel R. Dr., Professor, 1887.
Gerlach Jos. v. Dr., Geheimrat, Professor, 1850.
Gerlach Leo Dr., Professor, 1874.
Gordan Paul Dr., Professor, 1874.

Graser Ernst Dr., Professor, 1884.
Hauser G. Dr., Privatdozent, 1881.
Heineke Walt. v. Dr., Professor, 1867.
Hermann Friedr. Dr., Professor, 1884.
Hetzel Wilh. Dr., prakt. Arzt, 1862.
Jacob Ch. Dr., Assistent, 1892.
Kiesselbach Wilh. Dr., Professor, 1877.
Knoblauch O. Dr., Privatdozent, 1889.
Koeberlin Dr., Oberarzt, 1885.
Maurer Aug. Dr., kgl. Bezirksarzt, 1862.
Noether Max Dr., Professor, 1875.
Oebbeke K. Dr., Professor, 1887.
Oels Dr., Assistent, 1890.
Paal C. Dr., Professor, 1887.
Penzoldt Franz Dr., Professor, 1874.
Pfeiffer H. Dr., Assistent, 1893.
Reess Max Dr., Professor, 1872.
Röhring Dr., Oberstabsarzt, 1886.
Rosenthal Is. Dr., Professor, 1872.
Schneider F. Dr., Hofzahnarzt, 1887.
Schulz O. Dr., Assistent 1889.
Selenka E. Dr., Professor, 1874.
Specht Dr., Oberarzt, 1892.
Strümpell A. v. Dr., Professor, 1886.
Wiedemann E. Dr., Professor, 1886.
Zenker F. Alb. v. Dr., Professor, 1863.
Zenker K. Dr., Assistent, 1891.

Eingetreten sind in der Zeit vom 1. Mai 1891 bis zum 1. November 1893 die Herren:

Beckmann, Bischoff, Fischer, Jacob, Kästle, Lehmann, Pfeiffer, Specht, Zacke.

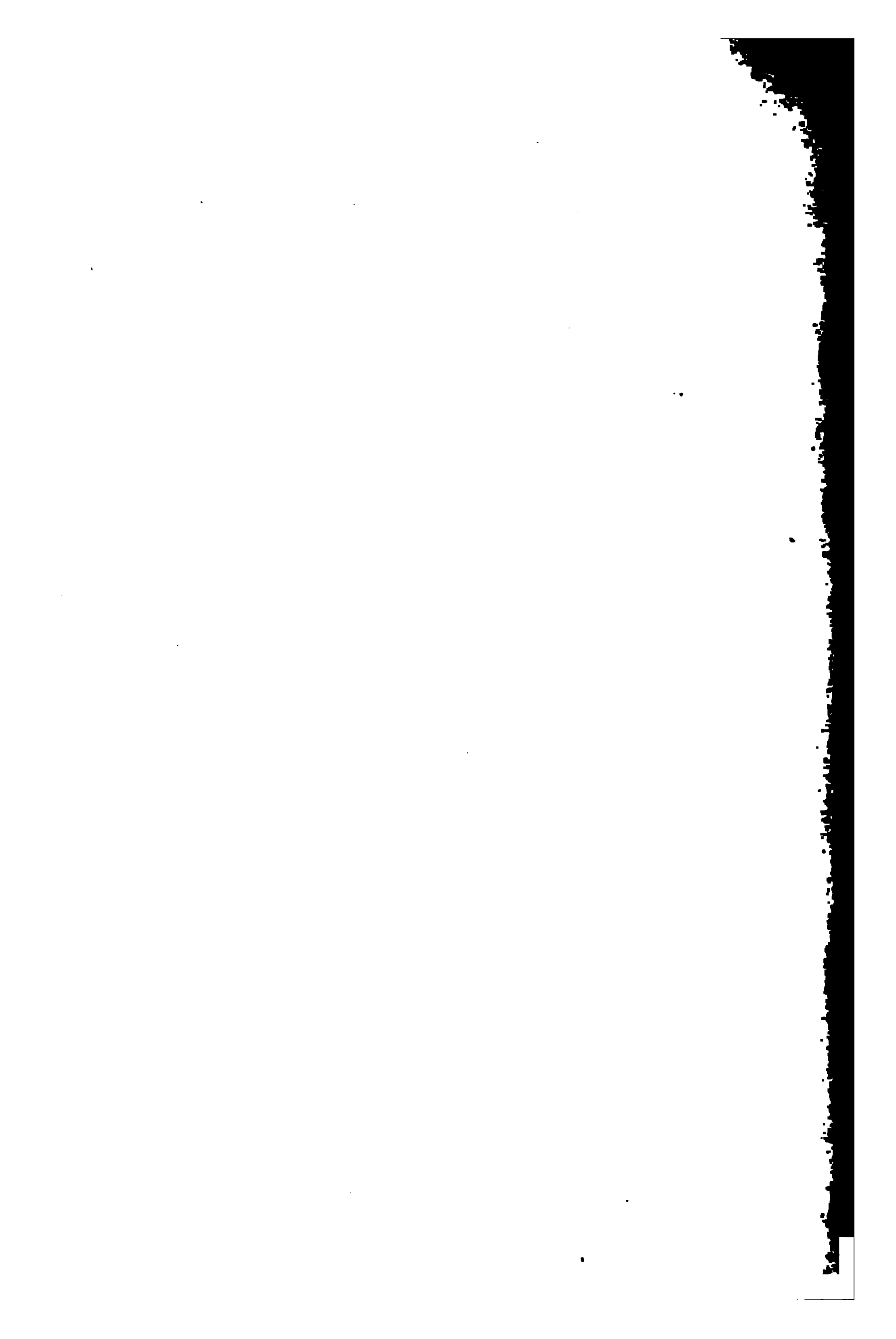
Ausgetreten sind in derselben Zeit die Herren:

Bokorny, Kästle, Lehmann, Oels, v. Raumer, I. Rosenthal, Schöpp, Schulz, Späth, Zacke.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihr ordentliches Mitglied: Kappel.

B. Ehrenmitglieder.

Seine Königliche Hoheit Dr. Karl Theodor, Herzog in Bayern, 1888.
Baeyer Ad. v., Professor der Chemie, München, 1883.
Beyrich H. E., Professor der Geologie, Berlin, 1888.
Brioschi Fr., Direktor des Polytechnikum, Mailand, K.M. 1877, E.M. 1878.
Bunsen Rob. v. Excellenz, Professor der Chemie, Heidelberg, K.M. 1845, E.M. 1883.
Dubois-Reymond E, Professor der Physiologie, Berlin, K.M. 1859, E.M. 1878.
Ehlers E., Professor d. Zoologie, Göttingen, O.M. 1869, E.M. 1874.
Gegenbaur C., Professor der Anatomie, Heidelberg, 1883.
Gerhardt C. Dr., Professor der int. Medizin, Berlin, K.M. 1883, E.M. 1887.
Helmholtz H. v., Excellenz, Präsident der Physikalisch-technischen Reichsanstalt, Berlin, K.M. 1859, E.M. 1878.
Hermite Ch., Professor der Mathematik, Paris, 1883.
Hilger Alb., Professor der Chemie, München, O.M. 1872. E.M. 1893.
Kekulé A., Professor der Chemie, Bonn, K.M. 1859, E.M 1888.
Klein F., Professor der Mathematik, Göttingen, O.M. 1872, E.M. 1875.
Kölliker A. v., Professor der Anatomie, Würzburg, K.M. 1851, E.M. 1883.
Kussmaul Aug., Professor der Medizin, Heidelberg, K.M. 1859, K.M. 1863, E.M. 1883.
Leube W. v., Professor der Medizin, Würzburg, O.M. 1868, E.M. 1886.
Lister Jos., Professor der Chirurgie, London, 1883.
Lommel E. v., Professor der Physik, München, O.M. 1869, E.M. 1886.
Ludwig C., Professor der Physiologie, Leipzig, K.M. 1855, E.M. 1883.
Marey E. J., Professor der Physiologie, Paris, 1878.
Pettenkofer M. v., Professor der Hygiene, München, K.M. 1851, E.M. 1883.



Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

zu

Erlangen.

25. Heft.

1893.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

1893.



Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.

25. Heft.

1893.

ERLANGEN.
Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.
1893.

Verzeichniss

der vom 2. Mai 1891 bis 31. Dezember 1893 eingegangenen Druckschriften:

A) im Tauschverkehr.

Adelaide, Botan. Garden:

Augsburg, Naturhist. Ver. f. Schwaben u. Neuburg: Ber. XXX.

Baltimore, Johns Hopkins Univ.: Americ. Chemic. Journ. XIII. XIV, 1—7. General Index to I—X. — Biolog. Laborat.: Studies IV, 7. V, 1.

Bamberg, Naturforsch. Gesellsch.: Ber. XVI.

Basel, Naturforsch. Gesellsch.: Verhandl. X, 1.

Batavia, Natuurk. Vereenig. in Nederl.-Indië: Tijdschrift XLVIII, 1—3. XLIX. LI. LII.

Bergen, Museum: Aarsberetn. 1890—1892.

Berlin, K. Akad. d. Wissensch.: Math.-Naturw. Mitteil. 1891—1893, 7; Sitz.-Ber. 1892—1893, 48. — Botan. Ver. f. d. Prov. Brandenburg: Verhandl. XXXI—XXXIV. — Deutsche Chem. Gesellsch: Ber. 1891—1893, 18. — Gesellsch. naturforsch. Freunde: Sitz.-Ber. 1890—1892. — Medizin. Gesellsch.: Verhandl. XXI—XXIII. — Physikal. Gesellsch.: Verhandl. IX. X. — Physiolog. Gesellsch.: Verhandl. 1889/90—1890/91, 14. — Polytechn. Gesellsch.: Centralbl. 1889/90—1893/94, 5. — Geolog. Landesanst. u. Bergakad.: Jahrb. 1889—91. — Ver. f. innere Medizin: Verhandl. IX. — Deutsche Medizinalztg.: 1892—1893, 103.

Bern, Naturforsch. Gesellsch.: Mitteil. 1244—1304.

Bistritz, Gewerbeschule:

Bonn, Naturhist. Ver. f. d. preuss. Rheinl. u. Westph: Verhandl. XLVII—L.

Bordeaux, Soc. d. Sciences Phys. et Natur.: Mém. IV. Sér. I. II. III, 1 et Append.

Boston, Americ. Acad. of Arts and Sciences: Proceed. XVII. XIX. — Soc. of Natur. Hist.: Proceed. XXV. XXVI.

Braunschweig, Ver. f. Naturwissensch.: Jahresber. 1887—1891.

Bremen, Naturwissenschaftl. Ver.: Abhandl. XII, 1—3.
Breslau, Schles. Gesellsch. f. vaterländ. Cultur: Jahresber. LXVIII—LXX u. Erg.-Heft 1. 2.
Brünn, Naturforsch. Ver.: Verhandl. XXVIII—XXX; Ber. d. meteorolog. Comm. VIII—X.
Brüssel, Acad. Royale de Méd: Bull. IV. Sér. VI. VII, 1—9. — Acad. Royale d. Sciences etc.: Annuaire LVI—LIX; Bull. V. Sér. XVIII—XXIV; Mém. XLVIII—L, 1; Mém. cour. L—LII; Mém. d. sav. étr. XLIII—XLVI. — Soc. Entomolog. de Belg.: Compt. rend. IV. Sér. 2—10. 15—25. — Soc. Royale de Botan.: Bull. XXIX.
Buenos-Aires, Museo Publico:
Bukarest, Soc. de Sciinte Fiz.: Bul. I, 1—II, 8.
Cambridge (Mass.), Museum of Comparat. Zool.: Bull. XVI, 11—14. XX, 2—8. XXI, 1—5. XXII. XXIII. XXIV, 1—7. XXV, 1; Ann. Rep. 1889/90—1891|92.
Charkow, Soc. d. Sciences expériment.: Travaux 1886—1888.
Chemnitz, Naturwissenschaftl. Gesellsch.:
Cherbourg, Soc. Nationale d. Sciences Natur. et Math.: Mém. III. Sér. VI—VIII.
Christiania, K. Univ.: Norges offic. Statist. III. R. 95. 108. 116. 125. 143. 145. 161. 162. 164; Johannessen, Epidem. Verbreitg d. Scharlachfiebers in Norwegen.
Chur, Naturforsch. Gesellsch. Graubündens: Jahresber. XXXIV—XXXVI.
Córdoba, Acad. Nacional de Ciencias: Bol. XI, 4.
Danzig, Naturf. Gesellsch.: Schriften N. F. VI, 4.—VIII, 2.
Dorpat, Naturf. Gesellsch.: Schriften I, 6. 6 [vielmehr 7]; Sitz.-Ber. IX, 3. X, 1.
Dresden, Gesellsch. f. Natur- u. Heilk.: Jahresber. 1890|91—1892|93. — Naturwissenschaftl. Gesellsch. Isis: Sitz.-Ber. 1889, Juli —1893, Juni.
Dublin, Royal Dublin Soc.: Proceed. VI, 7—VII, 4; Transact. II. Ser. IV, 1—8. — Royal Irish Acad.: Cunningham Mem. VI—VIII; Proceed. II. Ser. I, 5. II, 1—5; Transact. XXIX, 8—13. 16—19. XXX, 1—10.
Dürkheim, Pollichia: Mitteil. IV—VI.
Edinburgh, Royal Botan. Garden: — Royal College of Physicians: Rep. III. IV. — Botan. Soc.: Transact. XVII, 3. XVIII. XIX, A—R. — Physic. Soc.: Proceed. 1890|91. 1891|92. — Royal Soc.: Proceed. XVII. XVIII.
Elberfeld, Naturwissenschaftl. Ver.:
Emden, Naturforsch. Gesellsch.: Jahresber. LXXV—LXXVII.
Florenz, Biblioteca Nazionale Centrale: Boll. 82—192. — Istituto di Studi sup.: Pubblic. XV. XVI. — Soc. Botan. Ital.: Bull.

1892—1893, 7; Giornale XXIII—XXV, 3. — **Scuola d'Anat. patolog.**:

Frankfurt a|M., Aerztl. Ver.: Jahresber. XXXIV—XXXVI; Statist. Mitteil. 1890—1892. — **Physikal. Ver.**: Jahresber. 1889|90—1891|92. — **Senckenberg. Gesellsch.**: Abhandl. XVI, 2—4. XVII, 1. 2; Ber. 1891—1893.

Frankfurt a|O., Naturwissensch. Ver.: Mitteil. (bezw. Helios): II, 1. 6. V, 11. 12. VI, Titel u. Inh. VIII—XI, 5; Societatum Litterae 1889, 2. 3. 1890, 4—6. 1891—1893, 7.

Frauenfeld, Thurgauische Naturforsch. Gesellsch.: Mitteil. VIII—X.

Freiburg i/B., Naturforsch. Gesellsch.: Ber. V, 1—VII, 2.

Fulda, Ver. f. Naturk.:

St. Gallen, Naturforsch. Gesellsch.: Ber. 1888|89—1890|91.

Genf, Soc. de Phys. et d'Hist. Natur.: Compt. rend. VII—IX; Mém. 1890, 1—3 (Centenaire).

Gent, Dodonaea: Jaarb. I—III.

Giessen, Oberhess. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk.: Ber. XXVIII. XXIX.

Görlitz, Naturforsch. Gesellsch.: Abhandl. XX.

Göttingen, K. Gesellsch. d. Wissensch.: Nachr. 1891—1893, 4.

Graz, Ver. d. Aerzte in Steiermark: Mitteil. XXVII—XXIX. — **Naturwissenschaftl. Ver. f. Steiermark**: Mitteil. XXVII—XXIX.

Greifswald, Naturwissenschaftl. Ver. f. Neu-Vorpommern u. Rügen: Mitteil. XXII—XXIV.

Haarlem, Musée Teyler: Archives II. Sér. III, 4—6. IV, 1. — **Soc. Holland. d. Sciences**: Archives XXIV, 2—XXVII, 3.

Halifax, Nova Scotian Institute of Science: Proceed. VII, 4. II. Ser. I, 1.

Halle a|S., K. Leopold.-Carol.-Acad.: Leopoldina XXVII—XXIX, 20. — Naturforsch. Gesellsch.: Ber. 1888—1891. — **Naturwissenschaftl. Ver. f. Sachsen u. Thüringen**: Zeitschr. LXIII, 4—LXVI, 4.

Hamburg, Naturwissenschaftl. Ver.: Abhandl. XI, 2. 3. XII, 1. — Ver. f. naturwissenschaftl. Unterhalt.: Verhandl. VII.

Hanau, Wetterauische Gesellsch. f. d. ges. Naturk.: Ber. 1889—1892.

Hannover, Naturhist Gesellsch.: Jahresber. XXXVIII—XLI.

Heidelberg, Naturhist.-Medizin. Ver.: Verhandl. IV, 5. V, 1.

Helsingfors, Soc. pro Fauna et Flora Fenn.: Acta V, 1a. 2. VI—VIII; Meddelanden XVI—XVIII. — **Soc. Scient. Fenn.**: Acta XVII. XVIII; Bidrag: XLIX—LI; Öfversigt XXXII—XXXIV.

Innsbruck, Naturwissenschaftl.-Medizin. Ver.: Ber. XIX. XX.

Iowa City, State Univ. (Laborat. of Natur. Hist.): Bull. I, 3. 4. II, 1.

Jekaterinburg, Soc. Oural. de Méd.: Mém. II, 1. 2. IV, Suppl. 1.

Jena, Medizin.-Naturwissenschaftl. Gesellsch.:

Karlsruhe, Naturwissenschaftl. Ver.:

Kasan, Soc. Phys.-Math.: Bull. II Sér. II, 3.

Kassel, Ver. f. Naturk.: Ber. XXXVI—XXXVIII.
Kiel, Naturwissenschaftl. Ver. f. Schlesw.-Holst.: Schrift. VIII, 2—X, 1.
Kiew, Soc. d. Naturalistes: Mém. X, 3. 4. XI, 1. 2.
Klausenburg, Siebenbürg. Museumsver.: Értesitö 1891, I. II. 1892, I. II.
Königsberg, Phys.-Ökonom. Gesellsch.: Schriften XXXI—XXXIII u. Jentzsch Führer durch d. geolog. Samml.
Kopenhagen, Acad. Royale: Bull. 1890, 3—1893, 1. — **Naturhist. Forening:** Meddelelser 1890—1892.
Landshut, Botan. Ver.: Ber. XII.
Lausanne, Soc. Vaudoise d. Sciences Natur.: Bull. CII—CXII.
Leipzig, Fürstl. Jablonowskische Gesellsch.: Preisschriften XXVII. XXIX. — Naturforsch. Gesellsch.: Sitz.-Ber. XVII. XVIII. — K. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch.: Ber. (Math.-Phys. Kl.) 1890, 3 —1893, 6.
London, Nature 1175—1260. — Botan. Soc.: — **Math. Soc.:** Proceed. 391—468. — Royal Soc.: Proceed. 292—327; Transact. 1889, B. 1890—1892 with List of Members.
Lüneburg, Naturwissenschaftl. Ver.: Jahreshefte XII.
Lüttich, Soc. Royale d. Sciences: Mém. XVII.
Luxemburg, Institut Royal Gr.-Duc. (Sciences Natur.): Publ. XXII. — Soc. Botan.: Recueil XII.
Magdeburg, Naturwissenschaftl. Ver.: Jahresber. 1890—1892.
Mailand, Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere: Rendic. XXIV. — Soc. Ital. di Scienze Natur.: Atti XXXII—XXXIV, 3.
Marburg, Gesellsch. z. Beförderung d. ges. Naturwissensch.: Sitz.-Ber. 1890—1892.
Melbourne, Botan. Garden: — Geograph. Soc.:
Meriden, Scientific Association: Transact. III. IV.
Milwaukee, Public Museum of the City:
Moskau, Soc. Impér. d. Naturalistes: Bull. 1890—1893.
München, Gesellsch. f. Morphol. u. Physiol.: Sitz.-Ber. VII—IX, 2. — Medizin.-Klin. Institut: — Aerztl. Ver.: Sitz.-Ber. I. II. — Wochenschr. f. Tierheilk. 1891—1893, 45.
Münster i/W., Westf. Provinzialver. f. Wissensch. u. Kunst: Jahresber. 1889—1891.
Neapel, Zoolog. Station: Mitteil. IX, 3 —XI, 2.
Neuchâtel, Soc. d. Sciences Natur.: Bull. XVII—XX.
New South Wales s. Sidney.
New-York, Acad. of Sciences: Annals V, 4—8 and Extra 1—3. VI, 1—6. VII, 1—5; Transact. IX. X, 2—8. XI, 1—5.
Nürnberg, Medizin. Gesellsch. u. Poliklinik: Jahresber. 1890—1892. — Naturhist. Gesellsch.: Jahresber. 1890—1892; Abhandl. IX. X, 1. — Aerztl. Lokalver.: Sitz.-Protokolle 1890. 1891. —

German. Museum: Anz. 1891. 1892; Mitteil. 1891. 1892; Katal. d. Holzstöcke I.

Odessa, Soc. d. Naturalistes de la Nouv. Russie: Mém. XV, 2—XVII, 3. (Math.) XII—XIV.

Offenbach, Ver. f. Naturk.: Ber. XXIX—XXXII.

Osnabrück, Naturwissenschaftl. Ver.: Jahresber. VIII. IX.

Palermo, Circolo mat.: Rendic. VI. VII, 1—5. — Gazzetta Chim. Ital s. Rom.

Paris, Soc. de Biol.: Compt. rend. et Mém. 1892—1893, 37. — Soc. Linnéenne: Bull. 137. 139. 140. — Soc. Zool. de France: Bull. XVI. XVII, 1—8. XVIII, 4.

Passau, Naturhist. Ver.:

St. Paul, Geol. and Natur. Hist. Survey of Minnesota: Bull. VI—VIII.

Peoria, Illinois State Laboratory of Natur. Hist.:

Perugia, Accad. Med.-Chirurg.: Atti e Rendic. II, 3—V, 3.

St. Petersburg, Acad. Impér. d. Sciences: — Hortus Petropolitanus: Acta XII, 1. 2. — Soc. d. Naturalistes: Travaux XXI. XXII, 1. XXIII; Sect. de Botan. XXI—XXIII; Sect. de Géol. XXI, 1, XXII, 2; Sect. de Zool. XXI, 2—XXIII.

Philadelphia, Acad. of Natur. Sciences: Proceed. 1890, 2—1893, 1. — College of Physicians: Transact. III Ser. XI—XIV. — Wagner Institute of Sciences: Transact. III, 2. — Americ. Philos. Soc.: Proceed. 133—140; List of Members 1892.

Pisa, Scuola Normale Super.: Annali (Scienze fis. e mat.) VIII. X. XII. — Soc. Tosc. di Scienze Natur.: Atti VII, 235—246.

Prag, K. Böhm. Gesellsch. d. Wissensch.: Abhandl. VII F. III; Jahresber. 1890—1892; Sitz.-Ber. 1890, 2. 1891. 1892. — Lese- u. Redehalle d. Deutschen Studenten: Ber. 1891. 1892.

Regensburg, Naturwissenschaftl. Ver.: Ber. III.

Riga, Naturforscher-Ver.: Arbeiten VII; Correspondenzbl. 34—36.

Rio de Janeiro, Museu Nacional:

Rochester, Acad. of Sciences: Proceed. I. II, 1. 2.

Rom, Accad. dei Lincei: Atti IV. Ser. VII. V. Ser. (Sc. fis.) I—II Sem. 2, 11; Rendic. dell' adunanza 5. VI. 1892. — Gazzetta Chim. Ital. XXI—XXIII, 11.

Salem, Essex Institute: Bull. XXII—XXV, 3; Sermon preached by Rev. E. Willson. March 5, 1893. — Peabody Acad. of Science: Mem. I, 2—6; Naturalist I, 1—7. 10—12.

San Francisco, California Acad. of Sciences: Proceed. III; Papers III. IV.

Santiago, Soc. Scientif. du Chili: Actes II, 1—3. III, 1. 2. — Deutscher Naturwissenschaftl. Ver.: Verhandl. II, 3—6.

Sidney, Technological Museum:

Sondershausen, Irmischia:

Stockholm, K. Svenska Vetenskaps Akad.: Bihang XIV—XVIII; Öfversigt XLVI—XLIX; Handlingar XXII—XXIV.

Stuttgart, Ver. f. vaterländ. Naturk.: Jahreshefte XLVII—XLIX.

Thorn, Coppernicus-Ver. f. Wissensch. u. Kunst: Mitteil. VII. VIII.

Tokio, Mediz. Fakult. d. K. Japan. Univ.: Mitteil. I, 3—5. II, 1.

Toulouse, Acad. d. Sciences etc.: Mém. IX. Sér. II—IV.

Triest, Museo Civico: — Soc. Adriat. di Scienze Natur.: Boll. XIII. XIV.

Ulm, Ver. f. Math. u. Naturwissensch.: Jahreshefte IV. V.

Utrecht, Provinciaal Genootsch v. Kunsten en Wetensch.: Versl. 1890—1892.

Washington, National Acad. of Sciences: Mem. I. V. — Smithsonian Institution: Rep. 1888—1890. — Surgeon-Generals Office: Index-Cat. XII. XIII.

Wernigerode, Naturwissenschaftl. Ver. d. Harzes: Schriften V—VII.

Wien, Akad. d. Wissensch.: Sitz.-Ber. (Math.-Naturw. Kl.) Abt. II A, XCVII, 4—CI. Abt. II B, XCVIII, 4—CI. Abt. III, XCVIII, 5. —CI. — Zool.-Botan. Gesellsch.: Verhandl. XL, 4—XLIII, 2. — Naturhist. Hofmuseum: Annalen V, 3—VIII, 2. — Geol. Reichsanst.: Jahrb. XL—XLIII, 1; Verhandl. 1890, 14—1893, 10. — Naturwissenschaftl. Ver. an d. Univ.: Mitteil. 1892|93. — Ver. z. Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse XXXI—XXXIII.

Wiesbaden, Nassauischer Ver. f. Naturk.: Jahrbb. XLIV—XLVI.

Wisconsin, Natur. Hist. Soc.:

Würzburg, Phys.-Med. Gesellsch.: Sitz.-Ber. 1890—1892; Verhandl. XXIV—XXVI.

Zwickau, Ver. f. Naturk.: Jahresber. 1890. 1891.

Zürich, Naturforsch. Gesellsch.: Neujahrsbl. 1892. 1893; Vierteljahrschr. XXXV, 3—XXXVIII, 2.

B) als Geschenk.

Cornely, A., Unterss. üb. Involutor. Gleichungssysteme. Gött. 1892.

Fick, A., Die stetige Raumerfüllung durch Masse. Ueb. d. Dikrotismus des Pulses. Sep.-Abdrr.

Geinitz, H. B., Nachträgl. Mitteil. üb. d. rothen und bunten Mergel d. oberen Dryas bei Manchester. Sep.-Abdr.

Hasse, K. E., Erinnerungen aus meinem Leben. Als Ms. gedruckt. Braunschweig 1893.

Kloos, Üb. d. geol. Verhältnisse d. Untergrundes d. Städte Braunschweig u. Wolfenbüttel. Braunschweig 1891.

Klostermann, R., D. Schutz d. Erfindungen. Vortr. Sep.-Abdr. Berl. 1888.

Krazer, A., & Prym, F., Neue Grundlagen einer Theorie d. allg. Thetafunktionen. Leipzig 1892.

List of the Fellows, Members . . . of the R. College of Physicians. London 1893.

Noether, M., [Anzeige von:] Poincaré, Sur le problème des trois corps. Sep.-Abdr.

Patentgesetz, D. Deutsche, v. 7. Apr. 1891 sowie Gesetz betr. d. Schutz v. Gebrauchsmustern. Sep.-Abdr.

Prym, F., Üb. orthogonale, involutor. u. orthogonal.-involutor. Substitutionen. Sep.-Abdr.

Record, The Pacific. Medicine and Surgery. VIII, 3. San Francisco.

Revista Argentina de Hist. Natur. dir. por Ameghino. I, 1—6. Buenos Aires 1891.

Rogel, F., Zur Theorie d. höh. Integrale. Arithmet. Relationen. Sep.-Abdrr.

Rost, G., Unters. üb. d. allgemeinste lineare Substitution. Leipz. 1892.

Sandberger, F. v., Mineralien aus d. Fichtelgebirge Nocerinähnl. Mineral v. Arendal. Geol. Skizze d. Umgebung v. Würzburg. Üb. d pleistocänen Kalktuffe d. fränk. Alb. Sep.-Abdrr.

Sonderegger, L., Vorposten d. Gesundheitspflege. 4. A. Berlin 1892.

Studies, University. Publ. by the Univ. of Nebraska. I, 4. Lincoln, Nebr. 1892.

Tuberkulosis. Reprints of 3 editorials regarding the Priority.

Verhandlungen d. Allg. D. Bäderverbandes. Hrsg. v. F. C. Müller u. J. H. F. Kraner. I, 1892. München.

Vogel, E., The atomic weights are, under atmospheric pressure, not identical with the specific gravities. (Alameda 1893).

Wools, W., Plants indigenous and naturalised in the Neighbourhood of Sydney. Sydney 1891.

Yandell, D. W., Pioneer Surgery in Kentucky. Louisville 1890.

Sitzungen.

Die physikalisch-medizinische Societät hielt vom 1. Mai 1891 bis zum 1. November 1893 18 Sitzungen ab, deren wissenschaftliches Material in den nachstehenden Sitzungsberichten niedergelegt ist.

Verzeichniss der in den Sitzungen gehaltenen Vorträge.

Sitzung am 12. V. 1891.

Blanckenhorn: Entwicklungsreihen von Süsswasserschnecken in slavonischen und syrischen Tertiärablagerungen.

Besthorn: Ueber die Darstellung von Anilido- und Oxyderivaten der Akridine aus organischen Säuren und Diphenylmetaphenylendiamin sowie von Oxyakridinen aus organischen Säuren und Oxydiphenylamin.

Sitzung am 8. VI. 1891.

H. Ebert: Ueber die Mondphotographieen der Lick-Sternwarte, mit Demonstrationen.

Nöther: Neue Einsicht in die Mechanik des Himmels.

Rosenthal: Calorimetrische Untersuchungen über das Fieber.

Sitzung am 13. VII. 1891.

Kiesselbach: Demonstration eines Apparates zur Erklärung der Verhältnisse bei der Knochenleitung beim gesunden und kranken Menschen.

O. Schulz: Ueber Wirkung und Schicksal des sog. Saccharins im Organismus.

Selenka: Ueber die Ernährung des Eilings der Säugetiere.

Sitzung am 27. VII. 1891.

Oebbeke: Ueber den Granit des Eprechtsteines und die in demselben vorkommenden Mineralien.

E. Wiedemann: Kleine Mitteilungen.

a) Ein von Ibn Al Haitham gelöstes arithmetisches Problem.

b) Elektromotorische Kräfte in festen Salzen.

c) Ueber die Lage der Absorptionsstreifen in verschiedenen Lösungsmitteln.

Röse (als Gast): Ueber die Zahnentwickelung beim Menschen.

C. Paal: Zur Kenntnis der Indazole.

Sitzung am 16. XI. 1891.

E. Wiedemann: Ueber H. von Helmholtz.
A. von Zenker: Ueber Virchow.

Sitzung am 14. XII. 1891.

E. Wiedemann: Ueber elektrische Entladungen.
O. Schulz: Die saure Reaktion des frischen und des totenstarren Muskels.

Sitzung am 11. I. 1892.

O. Schulz: Kurze Mitteilung über die chemische Zusammensetzung einer Fettgeschwulst.
I. Rosenthal: Kurze Mitteilung über einen Apparat zur Gasanalyse.
A. Fleischmann: Das Modellieren beim entwickelungsgeschichtlichen Unterricht.

Sitzung am 8. II. 1892.

E. Wiedemann: Ueber Entladungen.
M. Busch: Ueber eine Synthese von β-Phendihydrotriazinen.
W. Kiesselbach: Ueber Sprachstörungen.

Sitzung am 7. III. 1892.

I. Rosenthal: Weiteres über Calorimetrie.
Selenka: Entwickelung des Vampyrs.
C. Paal: Moleculargrösse der Peptone.

Sitzung am 20. VI. 1892.

O. Fischer: Farbstoffe der Indulinreihe mit Demonstrationen.
Th. Bokorny: Ueber Kohlensäureassimilation.
A. Fleischmann: Der einheitliche Stil der Placentarbildung bei Nagetieren.

Sitzung am 11. VII. 1892.

W. Kiesselbach: Zur Einwirkung des galvanischen Stromes auf Seh- und Geschmacksnerven.
M. Busch: Ueber β-Phentriazine.
A. Hilger: a) Ueber den gelben Farbstoff der Ringelblume.
b) Ueber die Bildung des Coffein.
C. Paal: Ueber die Bedeutung des o-Nitrobenzylchlorids für die organische Synthese.

Sitzung am 12. XII. 1892.

C. Paal: Ueber eine neue Bildungsweise der untersalpetrigen Säure.
O. Fischer: Ueber A. W. von Hoffmann.

Sitzung am 16. I. 1893.

Oebbeke: Ein für Bayern neues Mineralvorkommen: Topas vom Epprechtstein im Fichtelgebirge.

I. Rosenthal: Bestimmung der Atmungsprodukte und Calorimetrie.

Sitzung am 13. II. 1893.

E. Wiedemann: Ueber Werner von Siemens.

E. Beckmann: Die verschiedenfarbigen Lösungen des Jod.

Sitzung am 6. III. 1893.

Hauser: Zur Vererbung der Tuberkulose.

O. Schulz: a) Ein Fütterungsversuch mit C. Paal'schem Glutinpepton.
b) Das Verhalten des C. Paal'schen Glutinpeptons in der Blutbahn.

Sitzung am 8. V. 1893.

C. Paal: Die Umwandlung des Thiocumacons in Thiochinazoline.

Oebbeke: Ein neuer Fund des Topas im Fichtelgebirge.

Sitzung am 12. VI. 1893.

M. Blanckenhorn: Die Entstehung des roten Meeres.

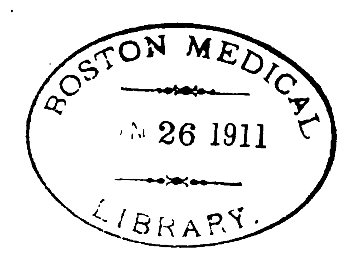
Sitzung am 17. VII. 1893.

I. Rosenthal: Der gegenwärtige Stand der Cholerafrage.

Inhalt.







Ueber die chemische Zusammensetzung des Lipoms.

Von G. Schwalbach.

Am 4. Mai 1891 wurde in der Erlanger Frauenklinik eine Frau von einem Lipom befreit, das angesichts seiner ausserordentlichen Grösse und Schwere — es wog 56 Pfund — sowie deswegen, weil es in diagnostischer Beziehung viel Interessantes bot, einer eingehenderen Bearbeitung vom klinischen Standpunkt aus wert erschien. W. Mejer übernahm diese Aufgabe und machte die Geschwulst zum Gegenstand seiner Dissertation [1]), auf welche ich bezüglich aller klinischen Details des eigenartigen Falles hier verweisen möchte. Gleichzeitig aber gab die Operation des Lipoms, indem sie eine Fülle ganz homogenen Materials zu Tage förderte, Gelegenheit zur chemischen Untersuchung des Fettgewebes. In der nachfolgenden Arbeit, die auf Anregung von Herrn Professor Dr. J. Rosenthal und Herrn Dr. O. Schulz, Assistenten am physiologischen Institute zu Erlangen, unternommen wurde, habe ich die Aufgabe, die chemische Zusammensetzung des Tumors zu ermitteln, zu lösen versucht.

Auf Literaturangaben, welche über derartige Geschwülste in der angegebenen Richtung Mitteilungen brächten, bin ich nur bezüglich eines Punktes imstande zu verweisen und werde darauf weiter unten zurückkommen.

Den Hauptteil der folgenden Untersuchungen machten die Analysen der Fette aus. Man möge mir daher gestatten, mit wenigen Worten an die Entwicklung unserer Kenntnis von der Natur der Fette zu erinnern. Wie neu dieselbe noch ist, geht daraus hervor, dass man erst im Jahre 1779 hinsichtlich der Konstitution der Fette aufgeklärt wurde. Scheele entdeckte in diesem Jahre bei der Bereitung von Bleipflaster das Glyzerin oder,

1) W. Mejer, Über einen Fall von retroperitonealem Lipom. Inaug.-Diss. Erlangen 91.

wie er es nannte, *principium dulce oleorum.* Unter den späteren Forschern, welche dieses Gebiet der Chemie erfolgreich bearbeiteten, nimmt Chevreul den vornehmsten Platz ein. Seine Arbeiten sind die Grundlage aller folgenden Untersuchungen geworden. In den *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale* (1810—1823) hat er die Ergebnisse seiner Forschung niedergelegt. Nach ihm sind wir besonders durch Berthelot und Heintz über das Wesen der Fette des genaueren belehrt worden; ersterer beschäftigte sich viel mit der „Synthese der Fette aus den fetten Säuren und dem Glyzerin"[1]; letzterer hat durch die Verbesserung der Untersuchungsmethoden[2] der Chemie grosse Dienste geleistet. Gottlieb[3], v. Oudemann[4] und von der Recke[5] sind ferner vor anderen[6] als hervorragend auf diesem Gebiete zu nennen.

Die Untersuchungen von Chevreul und seinen ersten Nachfolgern geben uns fast nur qualitative Analysen über die Fette; über Menschenfett im besonderen wird sehr wenig berichtet. Erst in der allerneuesten Zeit hat man auch hierüber mehr gearbeitet. So erwähnt Lebedeff in seinen Untersuchungen über die Ernährung mit Fett[7] auch die Analyse eines Lipoms. Seine Angaben sind folgende:

„Gesamtgewicht 415 gr, trockner Rest und Wasser 45 gr. Das Lipomfett ist fast farblos, bei der gewöhnlichen Temperatur halbflüssig. Die Zusammensetzung der Fettsäuren war:

1) 66,7 % } Oleïnsäure
2) 67,2 % }

1) 28,7 % } Palmitin- und
2) 27,8 % } Stearinsäure."

Wenn ich die Angaben Lebedeffs fast vollständig citire, so liegt dies daran, dass es die einzige Untersuchung über Lipomfett

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 88 u. 92.

2) Journal für prakt. Chemie, Bd. 66.

3) Annal. der Chemie u. Pharmacie, Bd. 57.

4) Zeitschrift für Chemie, Bd. 3.

5) Zeitschrift für Fresenius, Beiträge zur Kenntnis der Verseifung der Fette, Bd. 19 p. 291.

6) z. B. Hoffmann, Beitr. zur Anat. u. Physiol. Festgabe für Ludwig 1875.
E. Schulze u. A. Reinecke, Landwirtschaftl. Versuchsstationen 9.

7) Zeitschrift für physiolog. Chemie, Bd. 6, 139—154.

ist, die ich habe auffinden können; ferner gestatten diese Daten einen Vergleich mit den von uns erhaltenen Ergebnissen.

Bevor ich zum experimentellen Teil der Arbeit übergehe, seien zur Erleichterung des Verständnisses und der Beurteilung meiner analytischen Befunde einige kurze Angaben über die Beschaffenheit des Lipoms vorausgeschickt.

Der Bau des Tumors war der einer gewöhnlichen Fettgeschwulst; er zeigte nur insofern eine Besonderheit, als das reine Fettgewebe in dem Maasse überwog, dass von bindegewebigen Bestandteilen und Gefässen makroskopisch wenig mehr zu erkennen war. Auf dem Durchschnitt erschien er glatt; seine Farbe war graugelb bis wachsgelb; beim Betasten hinterliess er das Gefühl von Elastizität und Fluktuation. Die mikroskopische Untersuchung entsprach dem makroskopischen Befunde. Man bemerkte grosse ovale bis runde Fettzellen, zwischen denen die spärliche Intercellularsubstanz als lockeres Bindegewebe — bei Aneinanderlagerung dreier Zellen als sternförmige Zellen — hervortraten. Die Geschwulst war also ein lipoma molle.

Der ganze Tumor wurde zur Konservirung in etwa 40 % Alkohol aufbewahrt. Vierzehn Tage nach der Operation erhielt ich durch die Güte des Herrn Prof. Dr. v. Zencker ein 1000 gr schweres Stück zur Verarbeitung. Für die Überlassung des Materials sei es mir gestattet, Herrn Prof. Dr. v. Zencker meinen verbindlichsten Dank hier auszusprechen. Ich liess das Stück, das ziemlich aus der Mitte der Geschwulstmasse herausgeschnitten war, bis zur Inangriffnahme der zweiten Probe, d. i. bis zum 27. Mai, in 40 % Alkohol liegen. Von diesem Tage an bis zur völligen Fertigstellung aller Proben d. i. bis zur Beendigung des I. Teils der analytischen Aufarbeitung wurde die Masse ohne Zusatz eines Konservirungsmittels in einem bedeckten Becherglase im Keller aufbewahrt. Ich erwähne diesen Umstand deshalb, weil er dadurch, dass eine, wenn auch geringe Verdunstung von Wasser an der Oberfläche der Fettmasse stattfinden konnte, das Ergebnis des I. Teiles der Untersuchung beeinflusst zu haben scheint. Inanbetracht der voraufgehenden Aufbewahrung in verdünntem Alkohol, dessen Einwirkung zuerst das ganze Lipom und dann — für kurze Zeit — das verarbeitete Stück ausgesetzt gewesen war, wird man vielleicht einwerfen, dass der Alkohol gewisse Substanzen aus dem Fettgewebe extrahirt habe und dass dadurch

die analytischen Resultate modifizirt worden seien. Als solche Substanzen könnten hier nur die freien Fettsäuren in Frage kommen. Aber die Palmitin-, Stearin- und Ölsäure sind in so stark gewässertem Alkohol sehr wenig löslich, und ferner ist es wohl auszuschliessen, dass diese Konservirungsflüssigkeit, von welcher die Fettmasse nur schwer benetzt wurde, weiter als bis in die oberflächlichen Schichten der kompakten Geschwulststücke eingedrungen sei.

Experimenteller Teil.

I [1]).

Zusammensetzung des Lipoms, sein Gehalt an Wasser, Fett und Bindegewebe.

Das etwa 1 kgr schwere Stück präparirte ich von Anhängen und aufgelagertem Bindegewebe frei, so dass es allseitig eine verhältnismässig glatte gleichmässig gelbe Oberfläche darbot. Von der gesäuberten Fettmasse, die makroskopisch völlig gleichartig erschien, entnahm ich zunächst fünf einzelne Stücke im Gewicht von 68 gr, 68,8 gr, 90,5 gr, 407 gr und 5,895 gr. Der Rest diente zum Teil zur histologischen Untersuchung, zum Teil wurde er später gleichfalls zur Analyse verwendet. Die fünf ersten Proben und, nach Beendigung der ersten analytischen Bestimmungen aus denselben, d. h. nach zwei und einer halben Woche, auch die sechste wurden folgendermaassen verarbeitet:

Ich zerkleinerte das betreffende Stück grob mit der Scheere, brachte es in eine gewogene Porzellanschale und mit dieser in einen Trockenschrank, der allmählich angewärmt und schliesslich eine Stunde lang auf einer Temperatur von 110° bis 115° C. gehalten wurde. Die vier grösseren Proben liess ich im Trocken-

---

1) Allgemein benutzt für I u. III: Benedikt, Analyse der Fette u. Wachsarten.

schrank, die Probe von 5,895 gr wie auch später die von 6,2 gr im Exsiccator erkalten. Aus dem bei der jetzt vorgenommenen Wägung sich ergebenden Gewichtsverluste fand ich den Wassergehalt der betreffenden Probe.

Bei den grösseren Proben wurde der Trockenrückstand dann bis zum Schmelzen des wiedererstarrten Fettes erwärmt und das flüssige ganz klare Fett abgegossen. Der übrigbleibende Teil, das noch fetthaltige geschrumpfte Bindegewebe wurde im Mörser zerrieben und in einem vereinfachten, dem Drechsel'schen nachgebildeten Extraktionsapparate [1]) mit Aether erschöpft. Hierauf wurde auf dem Wasserbade der Aether aus dem Aetherextrakte verjagt und das rückständige Fett mit dem vorher abgegossenen vereinigt, die gesamte Fettmenge noch einmal bei 110—115° C. getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Bei den kleineren Proben von 5,895 gr und 6,2 gr spülte ich den von Wasser befreiten Trockenrückstand aus dem Schälchen direkt mit Aether auf das im Extraktionsapparat befindliche Filter.

Die Extraktion nahm ungefähr eine halbe Stunde bis eine Stunde in Anspruch. Nach Vollendung derselben blieb der Apparat einige Stunden oder über Nacht stehen, dann wurde das entfettete Bindegewebe aus dem Apparate herausgenommen, aus der lufttrocknen Patrone auf ein Uhrglas geschüttet, im Trockenschranke bei 105° getrocknet und gewogen.

Ehe ich die Resultate der Analyse anführe, mag hier noch eine kurze Bemerkung über die Beschaffenheit der gewonnenen Substanzen Platz finden. Das bei 35° flüssig bleibende Fett, das ganz geruchlos war, glich in seiner Farbe dem Olivenöl. Nach

---

1) Der Extraktionsapparat bestand aus einem etwa $^3/_4$ Liter fassenden Rundkolben, einem Sendtner'schen Kugelkühler und einer 2 cm im Durchmesser weiten, sich unten verjüngenden Glasröhre mit angeschmolzenem Seitenrohre. Das doppelt gebogene enge Seitenröhrchen, welches den abfliessenden Aether in den Kolben zurückführt, wie es am Soxhlet'schen Apparate angebracht ist, fehlte. Der Aether floss aus der unteren 1 cm weiten Oeffnung in den Kolben zurück. Um den Aether in dem Extraktionsraume während der Dauer des Versuches aufzustauen, brauchte ich die Abflussöffnung nur lose mit einem passenden Fliesspapierpfropf zu verstopfen. Die Substanz wurde, um keinen Verlust zu erleiden, in einer Patrone von Fliesspapier resp. bei den kleinen Proben in dem Filter selbst in die Röhre gebracht.

dem Erstarren, — die Temperatur des Laboratoriums schwankte zwischen 15° und 20° — hatte es das Aussehen, welches das genannte Oel bei grosser Kälte zeigt.

Das entfettete und getrocknete Bindegewebe bildete nach dem Zerreiben im Mörser ein gelblichbraunes amorphes Pulver, an dem ein ausgesprochen angenehmer Geruch nach frischem süssen Gebäck auffiel.

Die Wägungen ergaben folgende Zusammensetzung der einzelnen Lipomproben:

Datum der Verarbeitung	Nr. der Probe	Gewicht der Probe	Gewicht des Wassers, durch Verlust bestimmt	Gewicht des Fettes	Gewicht des Bindegewebes
		gr	gr	gr	gr
20. V.	I	68	16,0	50,4	1,3
27. V.	II	68,8	15,8	51,2	1,55
1. VI.	III	90,5	18,9	69,6	1,8
2. VI.	IV	407,0	84,0	312,8	9,1
5. VI.	V	5,895	1,034	4,481	0,207
16. VI.	VI	6,200	0,610[1])	5,340	0,125

Aus diesen Zahlen berechnet sich folgende prozentische Zusammensetzuug der untersuchten Stücke:

	Nr. der Probe		Wasser	Fett	Bindegewebe
			%	%	%
	I		23,53	74,11	1,91
	II		22,96	74,42	2,25
	III		20,88	76,96	1,99
	IV		20,63	76,86	2,24
	V		17,54	76,01	3,51
	VI		9,84[1])	86,13	2,02.

Vergleichen wir die für das Wasser und das Fett gefundenen Werte, so sehen wir, dass mit der Länge der Zeit der Wassergehalt stets ab- und der Fettgehalt stets zugenommen hat; ganz besonders tritt dies bei der zuletzt in Arbeit genommenen Probe von 6,2 gr hervor. Hier war allerdings auch ein bedeutend differirendes Resultat zu erwarten; denn das kleine Stück wurde

1) nur bei 90° getrocknet.

neunzehn Tage lang bei mässig beschränktem Luftzutritt in einem lose bedeckten Becherglase aufbewahrt und war so einer grossen Wasserverdunstung unterworfen. Bei dem festzustellenden Mittelwerte müssen wir deshalb von dieser Probe absehen und nur die ersten fünf berücksichtigen. Aus diesen ergibt sich für den Gehalt an Fett 75,67 %.

Um für den Wassergehalt einen Mittelwert zu finden, darf man nur die bei den Proben I—IV gefundenen Zahlen in Betracht ziehen; bei den kleinen, in der V. und VI. Analyse verarbeiteten Stücken waren infolge längern Aufbewahrens und der verhältnismässig stärkeren Wasserverdunstung von der Oberfläche aus schon erhebliche Wasserverluste eingetreten, ehe ihr Wassergehalt bestimmt wurde. Als Mittelwert ergibt sich aus den vier ersten Analysen ein Gehalt von 22 % Wasser. Das frische Lipom ist höchst wahrscheinlich noch etwas wasserreicher gewesen, da, wie man annehmen muss, aus den oberflächlichen Schichten der Fettmasse nach ihrer Entfernung aus dem Körper Flüssigkeit ausgesickert ist.

Die für das getrocknete Bindegewebe erhaltenen Werte mit den für Wasser und Fett gefundenen in Verbindung zu bringen, und daraus in gleicher Weise einen Durchschnittsgehalt an dem ersteren abzuleiten, ist bei der Beschaffenheit des Lipoms ohne Einschränkung nicht statthaft, sofern das zwischen den Läppchen der Fettgeschwulst gelegene Bindegewebe nicht gleichmässig verteilt vorkommt. Aus letzterem Umstande erklärt sich auch der abweichende Prozentsatz von Bindegewebe in Probe V gegenüber den bei I—IV und VI erhaltenen Zahlen. Die grösste analytische Probe Nr. IV, die 407 gr wog, enthielt 2,24 % trocknes Bindegewebe, und man kann wohl annehmen, dass dieser Wert den mittleren Gehalt des Lipoms an Bindegewebe nahezu richtig angibt.

Fasst man das Resultat der sechs Analysen zusammen, so ist die Zusammensetzung des untersuchten Lipoms, in abgerundeten Zahlen angegeben, folgende:

22 % Wasser,
75,75 % Fett,
2,25 % Bindegewebe.

II.

Untersuchung des Bindegewebes des Lipoms.

Eine genauere Untersuchung des Bindegewebes lag nicht im Plane meiner Arbeit; zudem war ich wegen der geringen Menge des Materials nicht imstande, eine Abtrennung aller zur Zeit als Bindegewebsbestandteile unterschiedenen Körper auszuführen. Ich habe mich daher auf einige qualitative Prüfungen der vorliegenden Substanz beschränkt.

Wie bekannt [1]), unterscheidet man im Bindegewebe 1) die leimgebende Substanz oder das Kollagen, welche den wesentlichsten Bestandteil der Bindegewebsfibrillen bildet, 2) die Kittsubstanz zwischen den Fibrillen, durch Kalk- und Barytwasser extrahirbar; das Extrakt enthält Mucin, das durch überschüssige Essigsäure ausgefällt werden kann, 3) Einlagerungen von schwefelfreiem Elastin in bald grösserer bald geringerer Menge und 4) die Zellkörper mit ihren gewöhnlichen, hauptsächlich eiweissartigen Elementen (Serumalbumin und Serumglobulin).

Auf Elastin habe ich das vorliegende Bindegewebe nicht untersucht, ebensowenig auf Mucin. Die eiweissartigen Elemente liessen sich in dem getrockneten, entfetteten und fein gepulverten Material durch folgende Reaktionen nachweisen:

Konzentrirte Salzsäure, in welcher sich beim Erhitzen der grösste Teil des Pulvers löste, erzeugte eine violettblaue Lösung. Salpetersäure nahm beim Kochen gleichfalls den grössten Teil auf und lieferte eine hellgelbe Lösung, welche sich auf Zusatz von Kali- oder Natronlauge braun- bis rotgelb färbte (Xanthoproteïnsäurereaktion). Die Lösung in heissem Eisessig wurde nach Zusatz von konzentrirter Schwefelsäure intensiv violettrot (Adamkiewicz's Reaktion). Beim Digeriren mit Kalilauge löste sich die Substanz bis auf einen geringen Rest, der in der Lauge aufquoll; die filtrirte klare Lösung gab rotviolette Biuretreaktion.

Dass Kollagen der Hauptbestandteil des getrockneten Bindegewebes sei, liess sich daraus erkennen, dass die Substanz bei etwa halbstündigem Kochen mit verdünnten Mineralsäuren eine Lösung lieferte, in welcher Gerbsäure einen sehr voluminösen,

---

1) Hermann, Lehrbuch der Physiologie pag. 168 (nach Kühne).

allmählich zäh und klebrig werdenden Niederschlag ganz so, wie dies bei Leimlösungen der Fall ist, hervorrief: es war also aus Kollagen Glutin entstanden. Verdünnte Schwefelsäure und Salzsäure bewirkten diese Umwandlungen glatt; beim Kochen mit verdünnter Salpetersäure traten weitergehende Zersetzungen ein, es entwickelte sich salpetrige Säure, auch wenn die angewendete Salpetersäure vorher gründlich ausgekocht war.

Da die leimgebende Substanz in gewissen Organteilen als Begleiter der für den echten Knorpel charakteristischen Chondroitinverbindungen angetroffen wird, so zwar, dass dieses Verhältnis einen genetischen Zusammenhang beider Arten von Verbindungen anzudeuten scheint, so liegt die Vermutung nahe, dass umgekehrt im Bindegewebe neben vorwiegend kollagenen auch chondrigene Substanzen vorkommen. Es schien mir daher der Versuch angezeigt, ob sich aus dem getrockneten Bindegewebe des Lipoms auf dem kürzlich von Schmiedeberg angegebenen Wege ein Kupferoxyd reduzirendes Spaltungsprodukt werde gewinnen lassen.

Reines Kollagen liefert beim Kochen mit Salzsäure keine zuckerähnliche, Kupferoxyd reduzierende Substanz; aus Chondrigen (Chondrin) entsteht Chondroglykose, oder genauer nach Schmiedeberg[1]), der durch seine neuesten Untersuchungen auf diesem Gebiete Klarheit geschaffen hat, aus dem in Form einer Aetherschwefelsäure auftretenden, einen Hauptbestandteil des Knorpels ausmachenden Chondroitin $C_{18}H_{27}NO_{14}$ entsteht Chondrosin $C_{12}H_{21}NO_{11}$, das rechts dreht und Kupferoxyd sogar stärker reduzirt als Traubenzucker. Dem Verfahren Schmiedeberg's folgend überliess ich 1 gr Bindesubstanz, nachdem sie mit 0,3 % Salzsäure und einer aus der Schleimhaut eines Schweinemagens frisch bereiteten Pepsinlösung versetzt war, bei einer Temperatur von 37° C. ungefähr 36 Stunden lang der Verdauung. Nur ein ganz kleiner Teil blieb ungelöst, ein Beweis für den vorwiegenden Gehalt der Substanzen an Eiweiss und Kollagen; die abfiltrirte klare Lösung lieferte mit Salzsäure + Phosphorwolframsäure starken Niederschlag. Der vom Filter abgespülte Rückstand wurde wiederholt mit Wasser aufgerührt und dies Verfahren so lange fortgesetzt, bis die abgegossene Waschflüssigkeit bei der Biuretprobe keine

1) Schmiedeberg, Archiv für experiment. Pharmakologie u. Pathologie, Februarheft 1891.

Reaktion auf Pepton mehr gab. Die so gereinigte Masse überschichtete ich in einem Kölbchen mit 3 % Salpetersäure und erhitzte sie zwei bis drei Stunden auf dem Wasserbade. Nach dem Erkalten filtrirte ich und prüfte das Filtrat mit Natronlauge und verdünnter Kupfersulfat- sowie mit Fehling'scher Lösung auf reduzirende Substanzen: das Ergebnis war zunächst negativ. Schmiedeberg hat in seiner oben citirten Arbeit hervorgehoben, dass er bei der Spaltung des Chondroitins grade durch Anwendung von Salpetersäure glatt zum Ziele gelangt sei. Man wird sich aber sagen müssen, dass in anderen Fällen die Salpetersäure als spaltendes Agens leicht weitergehende Oxydationen herbeiführen kann. Dies Bedenken veranlasste mich, einen zweiten Versuch mit der Bindegewebssubstanz anzustellen und dieselbe statt mit Salpetersäure mit verdünnter Schwefelsäure zu behandeln.

1 gr Bindegewebe wurde, mit Uebergehung der vorbereitenden Pepsin-Verdauung, in einem Kölbchen mit 30 ccm 6 % Schwefelsäure überschichtet, auf der Flamme bis zum Kochen und dann auf dem Wasserbade noch 3 Stunden lang erhitzt. Nach dem Erkalten wurde filtrirt, eine Probe mit Natronlauge neutralisiert und Fehling'sche Lösung hinzugefügt. Beim Erhitzen blieb die Flüssigkeit unverändert; erst als dieselbe erkaltet war, bemerkte man einen den Boden des Reagensgläschens bedeckenden gelben Niederschlag von Kupferhydroxydul.

Der Ausfall dieses Versuches veranlasste mich, die Operation mit einem grösseren Quantum zu wiederholen, diese aber jetzt vor der Behandlung mit Schwefelsäure der Verdauung zu unterwerfen. 5 gr Bindegewebe wurden 36 Stunden bei Körpertemperatur mit Pepsin-Salzsäurelösung digerirt, wobei der grössere Teil der Substanz in Lösung ging. Nach Abtrennung der Flüssigkeit wurde der Rückstand durch mehrfaches Kneten und Durchrühren mit Wasser von Albumosen und Peptonen gänzlich befreit, mit 3 % Schwefelsäure übergossen und auf dem Wasserbade etwa eine Stunde erhitzt. Die erkaltete Flüssigkeit wurde filtrirt und das Filtrat auf seine reduzirende Wirkung geprüft. Beim Erwärmen mit Fehling'scher Lösung trat Reduktion ein; jedoch war dieselbe nicht sehr stark und erst allmählich erfolgte eine deutliche Abscheidung von Kupferoxydul bezw. dessen Hydrat. Immerhin bewies der Versuch in der That das Vorhandensein solcher Substanzen im Bindegewebe des Lipoms, welche unter der Einwirkung

verdünnter Mineralsäuren, Kupferoxyd-reduzirende Spaltungsprodukte liefern. Die Menge dieser Substanzen ist allerdings, nach dem Reduktionsvermögen der Spaltungsprodukte zu schliessen, sehr gering.

Leider war es mir aus Materialmangel nicht möglich, durch weitere und im grösseren Maassstabe ausgeführte Versuche zu prüfen, ob meiner Vermutung, dass dem Bindegewebe Chondroitinverbindungen beigesellt seien, irgendwelche Berechtigung zukomme. Dafür, dass aus vorwiegend kollagenen Gewebselementen reduzirende Substanzen abgespalten werden können, spricht übrigens auch eine Beobachtung Mörners, an welche hier erinnert sei: Mörner isolirte aus dem Cornealgewebe, das, dem Knorpelgewebe wahrscheinlich nahe verwandt, jedenfalls als Hauptbestandteil Kollagen enthält, einen schwefelhaltigen mucoiden Körper, aus welchem beim Kochen mit verdünnten Säuren eine Kupferoxydreduzirende Substanz hervorging.

III[1]).

Analyse des Lipomfettes.

Die aus den verschiedenen Lipomproben gewonnenen Fettmengen waren vereinigt und in einer fest verschlossenen Flasche aufbewahrt worden. Im Laufe der Zeit hatte diese Masse folgendes Aussehen erhalten:

Ein Teil davon war bei Zimmertemperatur flüssig und stellte, nachdem sich das Fett durch Absetzen geklärt hatte, ein klares goldgelb gefärbtes Oel dar; am Boden des Gefässes lag eine fest erscheinende und auch beim Schütteln fest bleibende, mehr weisse Schicht. Erwärmte man das Gefäss langsam bis auf 35°, so schmolz der feste Bodensatz und das Ganze bildete jetzt ein klares Oel, aus dem sich beim Abkühlen wieder ein fest werdender Teil abschied. Ein Geruch war auch jetzt noch nicht aufgetreten. Es ist wohl kaum nötig zu erwähnen, dass diese Beschaffenheit der Substanz mich veranlasste, bei allen folgenden analytischen Be-

1) Die hier in Betracht kommenden publizirten Untersuchungen habe ich, soweit sie schon in der Einleitung angegeben sind, nicht mehr besonders citiert.

stimmungen die erforderlichen Proben erst nach dem Schmelzen und mehrfachen Schütteln der Masse zu entnehmen. Ich begann die Analyse des Fettes mit der Bestimmung der Gesamtfettsäuren, sowohl der freien als auch der als Ester vorhandenen.

1. Verseifung des Fettes. Bestimmung der Gesamtfettsäuren.

Die Spaltung der Fette geschah durch Verseifung mit Alkali und zwar nach dem von Kossel kürzlich angegebenen Verfahren[1]). Ich bereitete mir zunächst eine Natriumalkoholatlösung durch Eintragen von 5 gr blanker Natriumschnitzel in 100 ccm absoluten Alkohols. Dann wurde in einem tarirten Kolben eine gewisse Menge Fett (5—16 gr) genau abgewogen, mit ungefähr dem 3—4fachen Volumen absoluten Alkohols übergossen und auf dem Wasserbade erwärmt, bis eine gleichmässige Lösung entstanden war. Jetzt setzte ich auf je 1 gr Fett 2,5—3 ccm Natriumalkoholatlösung hinzu; es kamen also auf je 1 gr Fett 0,12—0,15 gr Natrium in Anwendung. Der Erfolg war überraschend. Aus der alkoholischen Fettlösung entstand in ganz kurzer Zeit eine weisse feste Masse, d. h. die Verseifung trat unmittelbar ein. Um aus dem Seifebrei den Alkohol zu verjagen, wurde der Kolben in schiefer Stellung auf dem Wasserbade bis zum Verschwinden des alkoholischen Geruches erhitzt und die zurückbleibende Seife noch kurze Zeit getrocknet. Diese wurde dann mit einer zur völligen Auflösung genügenden Menge Wassers versetzt. Zur Abtrennung der Fettsäuren fügte ich zu der wässrigen Seifenlösung nach dem von Hehner[2]) angegebenen Verfahren verdünnte Salzsäure hinzu, bis die Reaktion der Flüssigkeit stark sauer war. Die unlöslichen Fettsäuren schieden sich alsbald in Gestalt weissflockiger Massen an der Oberfläche aus. Durch Erhitzen auf dem Wasserbade wurden dieselben zu einem klaren Oele geschmolzen, wobei die saure Flüssigkeit sich fast völlig klärte. Der ganze Kolbeninhalt wurde nun durch ein gut genässtes Filter, das zuvor bei 110° getrocknet und gewogen war, filtrirt und Kolben wie die jetzt auf dem Filter befindlichen Fettsäuren auf das Sorgsamste mit kochendem Wasser ausgewaschen. Sobald das Filtrat nicht mehr sauer reagirte,

1) Zeitschrift für physiolog. Chemie 1891.

2) Zeitschrift für analyt. Chemie 16. 145.

wurden die auf dem Filter befindlichen geschmolzenen Fettsäuren durch Einsenken des Trichters in kaltes Wasser zum Erstarren gebracht, mit dem Filter aus dem Trichter herausgehoben und in einem gewogenen Bechergläschen bis zum konstanten Gewicht getrocknet. Auf diese Weise habe ich fünf Analysen ausgeführt und folgende Resultate erhalten:

1. 11,921 gr Fett, mit 30 ccm absoluten Alkohols übergossen, mit 35 ccm 5% Natriumalkoholat verseift, gaben 11,224 gr Fettsäuren = 94,15%,

2. 12,582 gr Fett, mit 30 ccm absoluten Alkohols übergossen und mit 30 ccm 5% Natriumalkoholat verseift, gaben 11,676 gr Fettsäuren = 93,52%,

3. 15,075 gr Fett, mit 41 ccm absoluten Alkohols übergossen, mit 38 ccm 5% Natriumalkoholatlösung verseift, gaben 14,241 gr Fettsäuren = 94,46%,

4. 16,360 gr Fett, mit 45 ccm absoluten Alkohols übergossen, mit 45 ccm 5% Natriumalkoholatlösung verseift, gaben 15,245 gr Fettsäuren = 93,18%.

[Die Temperatur des Trockenschrankes stieg hier bis 130°, was vielleicht von Einfluss gewesen ist.]

5. 13,761 gr Fett mit 35 ccm absoluten Alkohols übergossen, mit 35 ccm 5% Natriumalkoholatlösung verseift, gaben 13,041 gr Fettsäuren = 94,76%.

Als Mittelwert aus den fünf Analysen ergiebt sich für das Lipomfett ein Gehalt von 94% Fettsäuren.

Neben den mit Natriumalkoholat bewirkten Verseifungen wurde des Vergleichs halber eine solche Operation mit alkoholischer Kalilauge ausgeführt. Hierbei zeigten sich sehr deutlich die Vorzüge des Kossel'schen Verfahrens vor der bisher gebräuchlichen Methode; mit Hilfe der alkoholischen Kalilauge gelang es erst durch anhaltendes Kochen eine vollständige Verseifung zu erzielen.

2. Titration der freien Fettsäuren.

Neben den an Glyzerin und eventuell an Cholesterin gebundenen Fettsäuren ist in den Fetten ein Teil derselben als freie Säure vorhanden. Um den Gehalt eines Fettes an diesen zu bestimmen, nimmt man die Titration mit $^1/_1$—$^1/_{10}$ Normalnatronlauge vor. Man kann zwar aus der Titrirung keineswegs auf die An-

wesenheit der einen oder andern Säure schliessen, sondern nur ermitteln, wieviel von der Base zur Neutralisation aller Säuren notwendig ist.

Das Verfahren von Mayer[1]), dem ich hier folge, gestaltet sich folgendermassen:

Man löst eine kleine Menge Fett in dem 6- bis 10fachen Volumen Aether und dem 3- bis 5fachen Volumen Alkohol, setzt einige Tropfen einer alkoholischen Phenolphtaleïnlösung hinzu und lässt $^1/_{10}$ Normalnatronlauge bis zur bleibenden Rotfärbung hinzufliessen. Auf diese Weise wurden drei Titrationen ausgeführt:

1. 4,971 gr Fett, gelöst in 30 ccm Aether + 20 ccm Alkohol, erforderten 12,9 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge.

2. 4,192 gr Fett, gelöst in 25 ccm Aether + 14 ccm Alkohol, erforderten 10,9 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge.

3. 9,389 gr Fett, gelöst in 50 ccm Aether + 25 ccm Alkohol, erforderten 24,4 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge.

Alle drei Titrationen ergaben, die Kubikzentimeter $^1/_{10}$ Normalnatronlauge in Gramme von NaOH umgerechnet, und diese wiederum auf 100 gr Fett bezogen, das übereinstimmende Resultat, dass die in 100 gr Lipomfett vorhandenen freien Fettsäuren zu ihrer Neutralisation 1,04 gr NaOH erforderten.

3. Versuche zur quantitativen Bestimmung der freien Fettsäuren.

Die Titration mit $^1/_{10}$ Normallauge gab Aufschluss über die Menge Alkali, welche 100 Gewichtsteile des Fettes zu neutralisiren vermochte; keineswegs jedoch darüber, wieviel Gewichtsprozente freier Fettsäuren in dem Fett enthalten seien. Um diese zu ermitteln, versuchte ich die Neutralfette von den Fettsäuren nach folgender Methode[2]) zu trennen: Die freien Fettsäuren sollten mit $^1/_{10}$ Normallauge genau neutralisirt und die gebildeten Natronseifen dem Seife-Fettgemisch durch Ausschütteln mit Wasser entzogen werden; zur Sicherung der glatten Scheidung der Fettschicht von der wässrigen Seifenschicht sollte als Lösungsmittel für das Neutralfett Petroläther oder Schwefelkohlenstoff, welche Seife

---

1) Dinglers polyt. Journal 247, 305.

2) cf. Gröger, Dinglers Journal 244, 308 und Benedikt, Analyse der Fette und Wachsarten 101.

nicht lösen, zugefügt werden. — Was ich auf diesem Wege erreichte, konnte, wie sich zeigen wird, keinesfalls befriedigen.

Vier Fettproben wurden in der vorhin beschriebenen Weise mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge titrirt, nur mit dem Unterschied, dass bei drei Proben anstatt des Aethers frisch destillirter Petroläther und bei der vierten Schwefelkohlenstoff als Lösungsmittel der Fettprobe angewendet wurde[1]). Jedes der Fett-Seifegemische wurde in einen Scheidetrichter gebracht und unter Zusatz von Wasser und Petroläther mehrmals durchgeschüttelt. Nach längerem Stehen trat in der obersten Schicht, d. i. in der des Petroläthers langsam eine Klärung ein, keineswegs jedoch in der wässrigen Seifenlösung. Um bei der untern Schicht ein gleiches Ergebnis wie bei der obern zu erreichen, war es nötig, eine passende, durch portionsweises Nachgeben zu ermittelnde Menge Alkohol hinzuzufügen, die dann auch den gewünschten Erfolg hatte. Die einzelnen Schichten wurden nun jede für sich abgelassen, die wässrig-alkoholische Seifenlösung in den Scheidetrichter zurückgegossen und zur Extraktion des von der Seife etwa noch zurückgehaltenen Neutralfettes 10 bis 20 mal mit kleinen Portionen von Petroläther ausgeschüttelt, wobei die Abtrennung der einzelnen petrolätherischen Extrakte durch Abpipetiren erfolgte, während die Seifenlösung immer im Scheidetrichter verblieb. Sämtliche petrolätherischen Extrakte wurden mit der ersten, die Hauptmenge des Neutralfettes enthaltenden Petrolätherlösung vereinigt und der Petroläther abdestillirt. Das Gewicht des bis zum Verschwinden des Kohlenwasserstoffgeruchs getrockneten Rückstandes ergab die Menge des Neutralfettes.

Aus der weingeistig-wässrigen Lösung schied ich nach dem Verjagen des Alkohols die Fettsäuren durch Zusatz von Schwefelsäure bis zur stark sauren Reaktion ab, filtrirte durch ein genässtes, gewogenes Filter, wusch die Fettsäuren auf dem Filter mit heissem Wasser schwefelsäurefrei und trocknete sie, bis ihr Gewicht sich nicht mehr änderte.

Das Verfahren bei der zweiten, in Schwefelkohlenstoff gelösten Probe des Lipomfettes war das gleiche, nur dass bei den Ausschüttelungen Schwefelkohlenstoff als Extraktionsmittel für das Neutralfett diente.

---

1) cf. Gröger, Dinglers Journal 244, 308 und Benedikt, Analyse der Fette und Wachsarten 101.

Die vier Analysen ergaben folgende Resultate. Es **wurden** gefunden aus

1.	5,277	gr	Fett	5,153	gr	Neutralfett	und	0,251	freie	Fettsäuren.
2.	3,275	„	„	[1]) 3,242	„	„	„	0,199	„	„
3.	30,723	„	„	27,405	„	„	„	2,800	„	„
4.	4,817	„	„	4,409	„	„	„	0,790	„	„

In Prozenten angegeben, lieferten

1.	5,277	gr	Fett	97,65 %	Neutralfett	und	4,68 %	freie	Fettsäure
2.	3,275	„	„	98,99 „	„	„	6,08 „	„	„
3.	30,723	„	„	89,20 „	„	„	9,11 „	„	„
4.	4,817	„	„	91,53 „	„	„	16,40 „	„	„

Diese Zahlen stimmen so wenig unter einander überein, dass ihnen kein Wert beizulegen ist. Mir scheinen die Differenzen durch den beträchtlichen Oelsäuregehalt des Lipomfettes mit veranlasst zu sein. Oelsaure Salze sind in Fettlösungen nicht unlöslich, eine scharfe Trennung des ölsauren Natriums von den Neutralfetten wird sich daher nach der geschilderten Methode schwer erreichen lassen. Ferner mag auch die weingeistig-wässrige Seifenlösung trotz des häufigen Ausschüttelns mit Petroläther etwas Neutralfett zurückbehalten haben; so ist wohl die Fettsäurezahl in Analyse 4 zu erklären. Bei drei Analysen betrug das Gewicht des erhaltenen Neutralfettes + Fettsäuren mehr als das der angewendeten Substanz, was zum Teil darin seinen Grund hat, dass das Neutralfett beim Trocknen den Rest des Petroläthers nicht völlig abgab.

Dass bei diesen ungünstigen Resultaten nicht mehr Analysen ausgeführt wurden, liegt daran, dass dieselben sehr viel Zeit erforderten, und dass die mehrfachen Abänderungen in der Art des Arbeitens sich als erfolglos erwiesen hatten. Vielleicht liefert die Methode gute Resultate unter gewissen, von mir nicht erfüllten Versuchsbedingungen. Ich habe darauf verzichtet, auf diesem Wege zum Ziele zu gelangen; wie sich jedoch später zeigen wird, vermochte ich auf andere Weise Aufschluss über den Gehalt an freien Fettsäuren zu gewinnen.

4. Bestimmung des Glyzerins.

Nachdem wir durch die Verseifung des ausgeschmolzenen Fettes die Gesamtfettsäuren ermittelt hatten, lag der Versuch

---

1) No. 2 wurde in Schwefelkohlenstoff gelöst.

nahe, zur Kontrolle der oben erhaltenen Werte den zweiten Bestandteil der Neutralfette, das Glyzerin, prozentisch zu bestimmen. Zu diesem Zwecke bereitete ich mir durch Auflösen von 10 gr gereinigten Kalihydrats in wenig Wasser und durch Verdünnen mit 400 ccm 98 % Alkohols eine alkoholische Kalilauge. Zur Beseitigung geringer Verunreinigungen filtrirte ich die Lauge durch Glaswolle und ermittelte in einer auf dem Wasserbade bis zum schwachen Sieden erhitzten Probe ihren Gehalt an KOH durch Titration mit Normalsalzsäure. Eine genau gewogene Menge Fett wird mit dem zehnfachen Volumen dieser Kalilauge übergossen und auf dem Wasserbade erhitzt, bis die Verseifung vollkommen eingetreten ist d. h. bis eine Probe auf Wasserzusatz keine Trübung mehr ergiebt. Nach Zusatz von Phenolphtalëin wurde jetzt der vorher angewandte Ueberschuss an Kalilauge mit Salzsäure zurücktitrirt und damit diejenige Menge Lauge gefunden, die zur Verseifung der Neutralfette und zur Neutralisation der Fettsäuren gedient hatte. Bestimmt man nun durch Titration die von den Fettsäuren allein neutralisirte Menge Kalilauge (siehe unten) und subtrahirt man diesen Wert von jenem ersten, so erhält man die nur zur Verseifung der Glyzerinfette nötige Menge Kaliumhydrat.

Bei der Verseifung eines Neutralfettes mit Aetzkali sind nun drei Moleküle Kalihydrat einem Molekül Glyzerin äquivalent[1]. Nehmen wir als Beispiel das Glyzerid der Oelsäure, so ist

$$\underset{\text{Oelsäureglyzerinester}}{C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3} + 3KOH = \underset{\text{Glyzerin}}{C_3H_8O_3} + \underset{\text{Seife der Oelsäure}}{3C_{18}H_{33}OOK}$$

d. h. es entsprechen 168 gr Kalihydrat 92 gr Glyzerin oder 1 gr Kalihydrat 0,547 gr Glyzerin. Sind in 100 ccm der Kalilauge d gr KOH — in unserm Falle enthielt die Lauge zufolge der Titration mit Normal-HCl 2,912 % KOH — enthalten, und nennen wir die Anzahl der zur Verseifung der Glyzerinfette und zur Neutralisation der freien Fettsäuren zusammen notwendigen Kubikzentimeter a und die Anzahl der zur Neutralisation der freien Fettsäuren allein erforderlichen b, so liefert eine Fettmenge c durch Verseifung an Glyzerin in Prozenten:

$$\frac{0{,}547\ (a-b)\ d}{c}$$

1) Zulkowski, Berliner Berichte 16, 1140, 1315.

Die zwei ausgeführten Analysen ergaben folgendes Resultat:

1. 6,738 gr Fett, mit 90 ccm 2,912% alkoholischer Kalilauge verseift, mit 23,2 ccm Normalsalzsäure neutralisirt, lieferten
0,66900 gr Glyzerin i. e. 9,91%.

2. 3,897 gr Fett mit 40 ccm 2,912% alkoholischer Kalilauge verseift und mit 7,2 ccm Normalsalzsäure neutralisirt, lieferten
0,38547 gr Glyzerin i. e. 9,89%.

(Titer der alkoholischen Kalilauge:
10 ccm Lauge erforderten 5,2 ccm Normal-HCl.)

Wie eben erwähnt, benutzte ich bei der Ermittlung des Glyzeringehaltes der Fette eine 2,912% alkoholische Kalilauge; ich führte daher auch die Bestimmung der freien Fettsäuren durch Titration mit dieser Lauge aus und hatte so Gelegenheit, die frühere Bestimmung der freien Säuren mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge zu kontrolliren. Das Verfahren war dasselbe; ich wandte in gleicher Weise das 6- bis 10fache Volumen Aether und das 3- bis 5fache Volumen Alkohol als Lösungsmittel des Fettes an. Das Resultat der Titration war mit dem durch die Titration mit $^1/_{10}$ Natronlauge erhaltenen übereinstimmend:

4,817 gr Fett in 25 ccm Aether + 20 ccm Alkohol gelöst, erforderten 2,4 ccm 2,912% Kalilauge d. h. es wurden $2{,}4 \cdot 0{,}02912 = 0{,}0698$ gr Kaliumhydroxyd für 4,817 gr Fett verbraucht i. e. auf 100 gr Fett 1,45 gr KOH. Von NaOH waren, wie früher gefunden, 1,04 gr auf 100 gr Fett erforderlich gewesen. Berechnet man die anzuwendende Menge KOH aus der Titration mit Natronlauge, so ergiebt sich $\frac{KOH}{NaOH} \cdot 1{,}04 = \frac{56 \cdot 1{,}04}{40} = 1{,}45$ gr KOH, also genau die bei der Titration mit der alkoholischen Kalilauge verbrauchte Menge Kaliumhydroxyd.

5. Nachweis des Cholesterin.

Im Menschenfett ist mehrfach Cholesterin nachgewiesen worden. Es lag daher nahe, eine Prüfung unseres Fettes auf Cholesterin vorzunehmen. Zu diesem Zwecke wurden 5,868 gr Fett in der früher geschilderten Weise in absolut-alkoholischer Lösung mit Natriumalkoholat verseift. Der Seifebrei wurde dann mit Aether durchgeschüttelt, bis die Masse in kleine Partikel verfiel, und dann filtrirt. Das von den Natronseifen abgetrennte Filtrat

enthält nach Kossel-Obermüller[1]) das Cholesterin. Eine Probe der ätherisch-alkoholischen Flüssigkeit, die wegen ihres Alkoholgehaltes nicht völlig seifefrei ist, wurde auf dem Uhrglas eingedunstet, ergab jedoch keine Reaktionen auf Cholesterin. Jetzt wurde das ganze Filtrat auf dem Wasserbade erhitzt, bis der Aether ganz verjagt war und der Rückstand in Wasser gelöst. Die Lösung ging rasch und vollkommen vor sich, ein Umstand, der schon gegen das Vorhandensein von Cholesterin sprach. Die wässrige Lösung wurde nun mit einem Gemisch von Aether und Petroläther im Scheidetrichter ausgeschüttelt. Da die Schichten sich sehr schwer trennten, fügte ich etwas Alkohol hinzu, wodurch bald die Scheidung eintrat. Die wässrige Lösung wurde nunmehr abgelassen, die zurückbleibende Aetherlösung noch dreimal mit reichlichen Wassermengen gewaschen und dann eingedunstet. Der sehr geringe Rückstand gab weder mit Schwefelsäure und Chloroform noch mit Schwefelsäure und Jodjodkalium eine Cholesterinreaktion. Da der Rückstand noch etwas Seife (Oelsäureseife) enthielt und diese die Reaktionen vielleicht beeinträchtigt haben mochte, so wurde der Versuch zweimal mit grösseren Quantitäten Fett wiederholt und dabei durch gründliches Waschen der Aetherlösung mit Wasser die Seife möglichst vollständig entfernt. Nach dem Verjagen des Aethers stellte ich die Salkowski'sche Reaktion an: sie fiel beide mal positiv aus, und ich halte daher die Gegenwart des Cholesterins in dem Lipomfett für erwiesen, wennschon die Menge desselben zweifellos sehr gering gewesen ist.

6. Bestimmung der Oelsäure.

Unter den Fettsäuren sind als regelmässige oder hauptsächliche Bestandteile des Menschenfettes nur Oleïn-, Palmitin- und Stearinsäure nachgewiesen worden. Lerch berichtet, auch Capronsäure und Buttersäure gefunden zu haben; jedenfalls sind von diesen Säuren nur Spuren da. Nach Cahours und Demarçay[2]) ist ein Gemenge der flüchtigen fetten Säuren überhaupt in allen Fetten anwesend; auch Lebedeff bestätigt dies, aber mit dem Zusatze, dass in dem Maasse als die Fette fester werden, die flüchtigen Fettsäuren abnehmen. Der Gehalt an solchen ist also sehr klein (0,2 bis 0,02%) und ihre Bedeutung als Fettbestandteil sehr

1) Hoppe-Seyler, Zeitschrift für physiol. Chemie 1890 u. 1891.

1) Comptes rendus T. 90.

gering. Dies trifft vor allem bei dem Lipomfett zu, das ja unter den festen Fetten des menschlichen Körpers oben ansteht[1]).

Aus diesem Grunde haben wir bei unseren Untersuchungen die flüchtigen Fettsäuren vernachlässigt[2]). Uns kam es vor allem darauf an, den Gehalt an Oelsäure festzustellen; aus diesem und den andern bereits gefundenen analytischen Werten war dann der Gehalt an Palmitin- und Stearinsäure leicht zu berechnen.

Will man den Gehalt eines Fettes an Oelsäure bestimmen, so verfährt man am besten nach der Methode von v. Hübl und ermittelt die Hübl'sche Jodzahl[1]) des Fettes. Dieses Verfahren gründet sich auf die Eigenschaft des Jodes, in alkoholischer Lösung bei Gegenwart von Quecksilberchlorid mit zwei Atomen in je ein Molekül Oelsäure einzutreten; es entsteht bei dieser Reaktion ein Jodadditionsprodukt der Oelsäure, während die vorhandenen gesättigten Fettsäuren unverändert bleiben. Der Vorgang entspricht der Gleichung:

$$\underset{\text{Oelsäure}}{C_{17}H_{33}COOH} + J_2 = \underset{\text{Dijodstearinsäure}}{C_{17}H_{33}J_2COOH}.$$

Die Oelsäure, zur Gruppe der Acrylsäure gehörend, teilt als ungesättigte Fettsäure mit allen ungesättigte Kohlenwasserstoffatome in offener Kette enthaltenden Verbindungen die Eigenschaft, Chlor, Brom und Jod leicht zu addiren und dadurch in gesättigte Verbindungen überzugehen. — Eine alkoholische Jod-Sublimatlösung benutzt man deshalb, weil die Wirkung des Jodes für sich allein zu träge ist.

Zur Ausführung der Analysen stellte ich mir folgende Lösungen her:

---

1) Aus Hoffmanns Beiträgen zur Anat. u. Physiol. Festgabe für Ludwig 1875.

2) Dass die flüchtigen Fettsäuren, wenn sie überhaupt in dem Lipomfett enthalten waren, nur in Spuren vorhanden sein konnten, zeigte sich bei der Destillation des Fettes. Ich habe sowohl das Fett wie die daraus abgeschiedenen Fettsäuren der Destillation im Vacuum unterworfen. Bei den letzteren hoffte ich durch sorgsames Fraktioniren eine Trennung der einzelnen Fettsäuren erreichen zu können. Die Versuche erschienen nicht aussichtslos, sie wurden aber vorläufig nicht abgeschlossen. Es soll daher hier nicht weiter darauf eingegangen werden; nur das eine möchte ich hervorheben, dass ich ein Uebergehen leichter flüchtiger Fettsäuren (Buttersäure, Capronsäure, Caprylsäure) bei den Destillationen des Fettsäuregemisches nicht beobachtet habe.

3) Dinglers polyt. Journal 281, 283.

1. eine Lösung von 5 gr Jod und 6 gr Quecksilberchlorid in je 100 ccm 96% Alkohol, die dann vereinigt wurden,

2. eine Natriumhyposulfitlösung, die nach der Volhard'schen Methode geaicht wurde. Entsprechend der Vorschrift Volhard's werden 10 ccm einer 10% Jodkaliumlösung und 5 ccm Salzsäure in eine Flasche gegossen; dann werden aus einer Bürette genau 20 ccm einer Kaliumbichromatlösung, welche 3,8740 gr $K_2Cr_2O_7$, exakt gewogen, im Liter enthält, hinzugefügt; jeder Kubikzentimeter der Kaliumbichromatlösung macht genau 0,01 gr Jod frei, 20 ccm scheiden also gerade 0,2 gr Jod aus. Nun lässt man soviel Hyposulfitlösung aus einer Bürette hinzufliessen, bis die Flüssigkeit nur noch schwach gelb gefärbt ist, versetzt mit etwas Stärkekleister und titrirt unter fortwährendem Schütteln mit Natriumhyposulfitlösung bis zu Ende d. i. bis die Blaufärbung gerade verschwindet. Ich brauchte von meiner Hyposulfitlösung hierzu 16,5 ccm, 1 ccm Natriumhyposulfitlösung entsprach mithin 0,01212 gr Jod.

Nach diesen Vorbereitungen wurde eine passende Menge des Fettes, 1—1,3 gr, sowie des Gemisches der vorher bei der Verseifung des Fettes gewonnenen Fettsäuren genau gewogen, in Chloroform gelöst, die Lösung in einen Schüttelzylinder von $^1/_4$ Liter Inhalt gebracht und soviel von der Jodquecksilberchloridlösung hinzugefügt, dass eine dauernd braune klare Lösung entstand, die sich selbst nach $1^1/_2$stündigem Stehen nicht völlig entfärbte. Nach $1^1/_2$—2 Stunden ist die Reaktion vollendet; aus der Titration des unverbrauchten Jods und aus dem Jodgehalt der angewendeten Jodsublimatlösung ergiebt sich, wieviel Jod von dem Oelsäureglyzerid bezw. von der Oelsäure gebunden worden ist. Um das Ausfallen des Quecksilberjodids zu verhüten, das beim Einfliessenlassen von Natriumhyposulfitlösung eintreten und das Ergebnis beeinträchtigen würde, fügt man 10 ccm 10% Jodkaliumlösung und ungefähr 150 ccm Wasser unter kräftigem Schütteln hinzu. Nun wird mit Natriumhyposulfit titrirt. Ist die Flüssigkeit nur noch schwach gelb oder die am Boden des Zylinders befindliche Chloroformschicht nur noch schwach rot gefärbt — letztere ist ein viel schärferer Indikator —, so ruft man durch Stärkelösung Blaufärbung hervor und bringt durch ferneres Zusetzen von Natriumhyposulfit unter beständigem Schütteln den letzten Rest von Färbung gerade zum Schwinden. In diesem Augenblicke ist die Operation beendet. Gleich darauf wird der

Titer der Jodsublimatlösung auf dieselbe Weise mit Natriumhyposulfit bestimmt. Aus beiden Titrationen lässt sich dann leicht die Menge des absorbirten Jods berechnen. — Als Jodzahl wird die Anzahl der von 100 Teilen des untersuchten Fettes bezw. der Fettsäuren absorbirten Gewichtsteile Jod bezeichnet. Die aus den folgenden Versuchen gefundene und in Prozenten angegebene Oelsäuremenge E ist berechnet nach der Formel: $E = \frac{100x}{90,07}$, in welcher 90,07 die theoretisch berechnete und auch experimentell gefundene Jodzahl für reine Oelsäure darstellt und x die für das Lipomfett resp. dessen Gesamtfettsäuren ermittelte Jodzahl ist.

1. 0,740 gr Fettsäuren, versetzt mit
21,4 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
4,8 ccm Hyposulfit;
Titer der Jodsublimatlösung:
10 ccm erforderten 19 ccm Hyposulfit;
ergaben 65,30% Oelsäure.

2. 1,283 gr Fett, versetzt mit
31,6 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
0,6 ccm Hyposulfit;
Titer der Jodsublimatlösung:
10 ccm erforderten 19,6 ccm Hyposulfit;
ergaben 64,53% Oelsäure.

3. 0,882 gr Fettsäuren, versetzt mit
24 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
1,2 ccm Hyposulfit;
ergaben 65,87% Oelsäure.

4. 1,055 gr Fett, versetzt mit
28,5 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
1,5 ccm Hyposulfit;

Titer der Jodsublimatlösung bei 3 und 4:
10 ccm erforderten 18,6 ccm Hyposulfit;
ergaben 65,06 % Oelsäure.

5. 1,022 gr Fettsäuren, versetzt mit
27 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
2,8 Hyposulfit;
ergaben 65,7 % Oelsäure.

6. 1,183 gr Fett, versetzt mit
30 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
2,1 ccm Hyposulfit;
ergaben 64,05 % Oelsäure.

7. 1,231 gr Fettsäuren, versetzt mit
34 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
4,6 ccm Hyposulfit;
Titer der Jodsublimatlösung:
10 ccm erforderten 19 ccm Hyposulfit;
ergaben 65,4 % Oelsäure.

8. 1,279 gr Fett, versetzt mit
37 ccm Jodsublimat;
Jodüberschuss zurücktitrirt mit
8,0 ccm Hyposulfit;
Titer der Jodsublimatlösung:
10 ccm erforderten 18,8 ccm Hyposulfit;
ergaben 64,66 % Oelsäure.

Aus diesen Zahlen erhalten wir als Mittelwert für den Oelsäuregehalt:

des Fettes 64,58 %,
der Fettsäuren 65,57 %.

Dass der Oelsäuregehalt des Fettes um ein geringes kleiner gefunden wurde als derjenige der Gesamtfettsäuren, entspricht ganz dem, was die theoretische Berechnung erwarten liess. Dass diese vier Resultate in jeder der beiden Reihen unter sich nicht

ganz übereinstimmen, ist der Inkonstanz des Titers der Jodquecksilberchloridlösung zuzuschreiben.

7. Ermittelung des Gehaltes an Stearinsäure und Palmitinsäure in den Gesamtfettsäuren.

Für die Berechnung des Gehaltes an Palmitinsäure und Stearinsäure ist es notwendig zu wissen, wieviel Gramme Natriumhydroxyd zur Neutralisation einer bestimmten Menge der Gesamtfettsäuren erforderlich sind. Zu diesem Zwecke wurden 2,855 gr Fettsäuren in 24 ccm Alkohol gelöst und nach Zusatz von Phenolphtalëin mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge titrirt. Diese 2,855 gr Fettsäuren erforderten 101,5 ccm $^1/_{10}$ Lauge d. h. 100 gr Fettsäuren $\frac{101,5 \cdot 0,004 \cdot 100}{2,855} = 14,22$ gr NaOH.

Der Gehalt an Oelsäure in den Fettsäuren selbst beläuft sich auf 65,57%. Das Molekulargewicht der Oelsäure ist 282. Für 282 gr Oelsäure (1 Mol.) brauchen wir 40 gr NaOH (1 Mol.), für 65,57 gr Oelsäure also $\frac{40 \cdot 65,57}{282} = 9,3$ gr NaOH. Zufolge der Titration mit $^1/_{10}$ Natronlauge erfordern 100 gr der Gesamtfettsäuren zur Neutralisation 14,22 gr NaOH, es entfallen somit auf Palmitin- und Stearinsäure zusammen 14,22—9,3 = 4,92 gr NaOH. Da in 100 gr Fettsäuren 65,57 gr Oelsäure sich finden, so beträgt das Gewicht von Palmitin- und Stearinsäure 100—65,57 = 34,43 gr. Diese Daten: 1) dass in 100 gr Gesamtfettsäuren 34,43 gr Palmitinsäure + Stearinsäure enthalten sind und 2) dass diese 34,43 gr durch 4,92 gr NaOH neutralisirt werden, genügen für die Berechnung, wieviel Gramme von jeder einzelnen der beiden Säuren vorhanden sind. Das Molekulargewicht der Palmitinsäure $C_{16}H_{32}O_2$ ist 256; 256 gr Palmitinsäure brauchen also 40 Natriumhydroxyd. Das Molekulargewicht der Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2$ ist 284; 284 gr Stearinsäure brauchen ebenfalls 40 gr Natriumhydroxyd zur Neutralisation. Wir haben nun 34,43 gr Palmitinsäure + Stearinsäure: bezeichnen wir die Menge der Palmitinsäure mit x gr und dem zufolge diejenige der Stearinsäure mit 34,43—x gr, so sind für x gr Palmitinsäure $\frac{40x}{256}$ gr NaOH und für 34,43—x gr Stearinsäure $\frac{40\ (34,43-x)}{284}$ gr NaOH zur Neutralisation erforder-

lich. Nach der vorigen Berechnung aus der Titration mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge bedürfen beide Säuren zusammen 4,92 gr NaOH. Hieraus ergiebt sich die Gleichung: $\frac{40x}{256} + \frac{(34,43-x)\,40}{284} = 4,92$ und aus dieser wiederum x = 4,59, d. h. in 100 gr Fettsäurengemisch sind 4,59 gr Palmitinsäure enthalten. Der Stearinsäuregehalt beträgt demnach 34,43—4,59 = 29,84%.

8. Berechnung des Gehaltes an freien Fettsäuren und an Neutralfetten.

Eine direkte Trennung der im Lipomfett enthaltenen freien Fettsäuren von den Neutralfetten war, wie Seite 18 ff. weiter ausgeführt wurde, mehrfach versucht worden, aber nicht gelungen. Auf Grund der Titration der Gesamtfettsäuren lässt sich nun die Menge der freien Fettsäuren in dem ursprünglichen Fett leicht finden, wenn man nur noch die zur Neutralisation von 100 gr ursprünglichen Fettes erforderliche Menge Alkali in Rechnung zieht.

14,22 gr NaOH neutralisiren 100 gr Gesamtfettsäuren,
1,04 gr NaOH „ 100 gr Lipomfett.

Es sind mithin in 100 gr Fett $\frac{100 \cdot 1,04}{14,22}$ gr = 7,31 gr freie Fettsäuren enthalten. Auf die Neutralfette entfallen hiernach 100—7,31 = 92,69 gr. — Diese Berechnung ist allerdings nur unter der Voraussetzung richtig, dass das Mischungsverhältnis der freien Fettsäuren das gleiche sei wie das der an Glyzerin gebundenen, d. h. dass die durch Verseifung des Neutralfettes gewonnenen Fettsäuren dasselbe Fettsäuregemisch darstellen wie die ursprünglich als freie Säuren vorhandenen. Nach allen bisherigen Erfahrungen trifft jene Voraussetzung allein bei solchen Fetten nicht zu, welche grössere Mengen leicht flüchtiger Fettsäuren enthalten.

Zum Schluss seien die analytischen Ergebnisse der Untersuchung des Lipoms übersichtlich zusammengestellt.

Das Lipom enthielt:

22% Wasser,
2,25% Bindegewebe,
75,75% Fett.

100 gr Fett lieferten bei der Verseifung:

94 gr Fettsäuren,
9,9 gr Glyzerin.

Das Fett enthielt:

7,31% freie Fettsäuren,
92,69% Neutralfette.

Die Gesamtfettsäuren (durch Verseifung aus dem Fett abgeschieden) enthielten:

65,57% Oelsäure,
4,59% Palmitinsäure,
29,84% Stearinsäure.

Zur Kenntnis eines thüringischen Amphibol-Granitit und über das Vorkommen der Neubildungen in demselben, insbesondere einiger Zeolithe.

Von Johannes Fromme.

Gegenstand der nachfolgenden Untersuchungen bildete ein Vorkommen von Desmin, Skolezit, Heulandit, Chabasit und einigen anderen Mineralen in Amphibol-Granitit aus Thüringen in der Nähe von Suhl. Das vorliegende Material, worunter sich sehr schöne Stufen genannter Zeolithe und mehrere grössere Stücke jenes Granits befanden, wurde im Jahre 1883 auf Veranlassung des Herrn Kgl. Regierungsbaumeisters P. Ehlers bei den Sprengarbeiten der Eisenbahnlinie Erfurt-Ritschenhausen, etwa 2,5 km NO von Suhl, nahe der Struth auf preussischem Gebiet gesammelt.

In der Literatur finden wir über das Vorkommen von Zeolithen an bezeichneter Stelle nur zwei kurze Notizen, deren Wiedergabe mir hier gestattet sein möge[1]:

„In der Sitzung vom 26. Oktober (1882) des Naturwissenwissenschaftlichen Vereins (für Sachsen und Thüringen) legt Prof. von Fritsch ein neues Vorkommen von Desmin auf zersetztem Granit aus Thüringen von der Struth in der Nähe von Suhl vor. Dasselbe ist ihm durch Herrn Forstmeister von Mengersen zugestellt worden; letzterer hat es bei den Sprengungen für die neue Eisenbahnlinie Plaue-Suhl aufgefunden. Auf den Handstücken findet sich noch Quarz und Desmin."

Es dürfte dies die erste Erwähnung des Vorkommens in der Literatur sein. Die zweite Notiz darüber ist die folgende:

„Von dem im Korrespondenzblatt Seite 564 erwähnten Desmin von der Struth bei Suhl hat Prof. von Fritsch neue Stücke durch die Güte des Herrn Kgl. Baumeisters Richard und durch die Zuvorkommenheit des Herrn Ingenieur Raakow erhalten. Erstere Sendung zeigte neben dem Desmin in den Granitklüften noch Skolezit, letztere bot Stücke dar, welche Hohlformen von

---

1) Zeitschr. f. Naturw., herausg. vom Naturw. Ver. f. Sachsen u. Thüringen in Halle 1882, Band I (der ganzen Reihe LV. Bd.) S. 564 bezw. 671.

Kalkspat (R 3 (21$\bar{3}$1) — 2 R (02$\bar{2}$1)) von Desmin umwachsen zeigen.“

In diesen Angaben werden also von Zeolithen nur Desmin und Skolezit erwähnt, während Chabasit und Heulandit nicht genannt werden. Es ist daher wohl anzunehmen, dass das Auftreten letzterer Minerale an jenem Fundort noch nicht allgemein bekannt ist. Dieser Umstand und die Thatsache, dass mir eine reichliche Menge an Material zu Gebote stand, waren einerseits die Veranlassung zu dieser Arbeit, andererseits luden der Chabasit und Heulandit ganz besonders zu einer genaueren Untersuchung ein, weil gegenwärtig gerade diese Zeolithe in chemisch-mineralogischer Hinsicht erhöhtes Interesse beanspruchen.

Die Stufen liessen die Zersetzungs- und Umwandlungsvorgänge des Gesteins in recht instruktiver Weise erkennen und, da auch frischer Granit von der gleichen Provenienz vorhanden war, so wurde auch dieser mit in den Bereich der Untersuchungen gezogen, um so den genetischen Zusammenhang der Neubildungen mit ihren Muttermineralen zu ermitteln.

Leider ist dieses Zeolith-Vorkommen mit dem einmaligen grösseren Funde so gut wie erschöpft, denn nach den Angaben des Herrn Ehlers sind Sprengarbeiten erforderlich, um weitere Stufen zu erhalten.

Es soll hier zunächst die petrographische Beschaffenheit des Amphibol-Granitit und die chemische Natur desselben wie seiner Gemengteile — soweit dieses zur allgemeinen Orientierung notwendig bezw. überhaupt ausführbar —, sodann die Untersuchung der Neubildungen in den zersetzten Partien des Gesteins, insbesondere der Zeolithe, behandelt werden.

Der Amphibol-Granitit (I).

Derselbe ist von graublauer Farbe und besteht aus einem mittel- bis feinkörnigem Gemenge von grünlich-weissem, oft erbsengrosse Körner bildenden, Plagioklas, bei dem zuweilen schon mit der Lupe deutliche Zwillingsstreifung zu erkennen ist, rötlichem Orthoklas bezw. Mikroklin, schwarzem Glimmer und Hornblende. Mit Zunahme der letzteren, welche wie der Glimmer sehr reichlich vertreten ist, nehmen Quarz und Feldspat bedeutend ab; ja einige Handstücke des Gesteins weisen Hornblende so reich-

lich auf, dass sie schwärzlich aussehen, und deutet alles das auf einen Uebergang zu Plagioklas- speziell zu dioritischen Gesteinen hin.

Unter dem Mikroskop erscheint der rötliche Feldspat sehr stark angegriffen und ist oft von glimmerartigen Neubildungen durchsetzt. Oftmals lässt er die für Mikroklin charakteristische Gitterstruktur wahrnehmen, sodass ausser Orthoklas auch Mikroklin vorliegt.

Der grünlichweisse Plagioklas ist gleichfalls stark angegriffen; doch lässt sich bei gekreuzten Nikols die Zwillingsstreifung noch deutlich erkennen. Häufig schliesst er kleine Partikel Magnetit von unbestimmter Begrenzung, desgleichen auch Glimmer ein.

Der im durchfallenden Lichte schön sattgrün erscheinende Glimmer zeigt durch abwechselnd hellere und dunklere Streifungen ebenfalls Spuren von ziemlich fortgeschrittener Zersetzung. Er ist in Schnitten parallel bezw. annähernd parallel der c-Achse sehr stark pleochroitisch. Die parallel der Spaltbarkeit schwingenden Strahlen werden stärker absorbiert als die senkrecht zu ihr, parallel $\mathfrak{a}$, schwingenden; erstere zeigen grasgrüne, letztere hellgelbe Färbungen. Fast immer enthält der Glimmer Apatit in ziemlich kurzen und dicken, an beiden Enden gerundeten Säulchen und ausserdem vereinzelte Epidotkörnchen. Auch der Glimmer umschliesst viel Magnetit von unregelmässiger Begrenzung.

Glimmer und Hornblende sind häufig mit einander verwachsen. Letztere tritt oft in ringsum ausgebildeten Krystallen auf und ist im Allgemeinen noch nicht in dem Masse zersetzt wie ersterer. Die Maximalauslöschung der Hornblende wurde zu 25° gefunden. Das pleochroitische Verhalten ist in Schnitten, welche annähernd parallel der Symmetrieebene getroffen sind, $\parallel \mathfrak{c}$ grün, $\parallel \mathfrak{a}$ gelbgrün. Die Querschnitte, in welchen die Spaltbarkeit nach dem Prisma deutlich hervortritt, zeigen $\parallel \mathfrak{a}$ gelbgrüne und $\parallel \mathfrak{b}$ grasgrüne Färbungen. Schnitte annähernd parallel zum Orthopinakoid weisen $\parallel \mathfrak{c}$ grasgrüne und $\parallel \mathfrak{b}$ gelbgrüne Farben auf. Es ist demnach die Absorption $\mathfrak{c} > \mathfrak{b} > \mathfrak{a}$. Magnetit und Apatit finden sich auch in der Hornblende eingelagert, aber im Ganzen weniger als im Glimmer.

Der Quarz ist wasserhell, von zahlreichen Rissen durchzogen und enthält sehr kleine Flüssigkeitseinschlüsse sowie hin und wieder unbestimmbare Mikrolithe verschiedener Form.

Selten gewahrt man rissige, reliefartig hervortretende Durchschnitte von weingelber Farbe und schwachem Pleochroismus, welche jedenfalls zum Titanit gehören.

Eine Bauschanalyse des Granitit ergab die nachfolgende Zusammensetzung.

				O
SiO_2	60,08	Si	28,04	32.04
Al_2O_3	13,90	Al	7,36	6,54
Fe_2O_3	7,16	Fe	5,01	2,15
FeO	3,50	Fe	2,72	0,78
CaO	4,04	Ca	2,89	1,15
MgO	2,91	Mg	1,75	1,16
K_2O	2,35	K	1,97	0,38
Na_2O	3,23	Na	2,40	0,83
H_2O	2,61	H	0,29	2,32
	99,78			47,35

$$\frac{47,35}{16} = 2,96.$$

Sauerstoff-Quotient = 2,96.

Spezifisches Gewicht = 2,735.

Ausser den aufgeführten Bestandteilen wurden noch in Spuren nachgewiesen Phosphorsäure, Titan, Kupfer, Mangan, Baryum und Lithium, letzteres spektralanalytisch.

Das hohe spezifische Gewicht des Granit sowie der beträchtliche Eisengehalt desselben stehen im Einklang mit dem hohen Gehalt an Hornblende und Glimmer, wodurch die Feldspäte und demgemäss auch die Alkalien relativ zurücktreten. Der verhältnismässig niedrige Kieselsäuregehalt endlich spricht ebenfalls deutlich für das Zurücktreten der Feldspäte und auch des Quarzes.

Amphibol-Granitit (II, etwas verwittert).

Dieser Granit wurde nur deshalb in Betracht gezogen, weil er von allen andern vorliegenden verwitterten Gesteinsstücken ein etwas abweichendes Aussehen zeigt und doch wie jene die Unterlage schöner strahlig-faseriger Desmin- und Skolezit-Aggregate bildet. Augenscheinlich besitzt dieser Granit etwas andere Mischungsverhältnisse als der Granit I. Er ist von gleicher Korngrösse wie letzterer, jedoch lässt er durch seine Zersetzung wesentliche Aenderungen erkennen. Zunächst macht sich eine starke

Epidotisierung der ausserordentlich reichlich vorhandenen Hornblende bemerkbar, wodurch dem Gestein ein grünlicher Farbenton verliehen wird. Die Feldspäte sind in Folge einer Infiltration von Eisenhydroxyd, welches jedenfalls dem Glimmer, der Hornblende und dem Magnetit entstammt, dunkelrot gefärbt.

Es sei hier nun erwähnt, in welcher Weise die übrigen verwitterten Handstücke, deren Zusammengehörigkeit mit dem Granit I unzweifelhaft feststeht, die Zersetzungsvorgänge darbieten. Bei einigen ist neben relativ wenig zersetztem rotem Kalifeldspat sehr stark verwitterter Plagioklas vorhanden, der hin und wieder nur noch schneeweisse kaolinartige Massen — seine Auslaugungsreste — hinterlassen hat. Offenbar scheint also der Plagioklas dem Einfluss lösender Agentien einen geringeren Widerstand dargeboten zu haben als der rötliche Feldspat (Orthoklas und Mikroklin). Andere Handstücke zeigen an Stelle aller Feldspäte ähnliche kaolinartige Massen, sodass hier der Auslaugungsprozess entschieden ein tiefer eingreifender gewesen ist.

Oft sind selbst bei fortgeschrittenerer Auslaugung des Plagioklases und Kalifeldspats Glimmer und Hornblende relativ noch wenig zersetzt, und erscheint dann das Gestein schwarz und weiss gefleckt.

Die Analyse des Granitit II lieferte folgendes Resultat:

				O
SiO_2	53,75	Si	25,08	28,67
Al_2O_3	12,63	Al	6,69	5,94
Fe_2O_3	9,06	Fe	6,34	2,72
FeO	4,44	Fe	3,45	0,99
CaO	5,27	Ca	3,76	1,51
MgO	4,57	Mg	2,74	1,83
K_2O	1,93	K	1,62	0,30
Na_2O	3,37	Na	2,50	0,87
H_2O	4,00	H	0,44	3,56
	99,02			46,39

$$\frac{46,39}{16} = 2,89.$$

Sauerstoff-Quotient = 2,89.
Spezifisches Gewicht = 2,748.

Ausserdem wurde noch Mangan, Baryum und Lithium (dieses spektralanalytisch) in Spuren konstatiert. Kohlensäure, auf welche

besonders Rücksicht genommen wurde, enthält der Granit trotz seiner ziemlich starken Zersetzung wider Erwarten nicht.

Durch obige Analyse dürfte die Vermutung bestätigt sein, dass dieser Granit die Gemengteile in andern Mengenverhältnissen als der zuerst untersuchte enthält. Zunächst beweist der höhere Kalkgehalt neben gleichzeitiger Abnahme der Alkalien bei Granit II den schon erwähnten höheren Gehalt desselben an Hornblende, womit auch der erhöhte Magnesiagehalt bei II[1]) in Uebereinstimmung steht. Diese grössere Menge Magnesia spricht ferner dafür, dass der Granit II reicher an Glimmer als I ist. Der Zunahme an Hornblende und Glimmer bei II entspricht endlich der erhöhte Eisengehalt dieses Granits.

Mit obigen Verhältnissen ist nun bei II eine noch erheblichere Abnahme der Feldspäte und des Quarzes als bei I verknüpft, und zeigt auch die zweite Analyse eine ganz bedeutend geringere Menge Kieselsäure als die erste. Die Analysen der Granite, speziell die bei beiden relativ geringe Menge der Kieselsäure einerseits sowie das Vorwalten des Natrons über dem Kali andererseits beweisen, wie bereits im Vorhergehenden erwähnt, dass diese Granite, ganz besonders aber der Granit II den Plagioklasgesteinen sehr nahe stehen. Sie bilden gewissermassen einen Uebergang von typischen Granitformen zu den Dioriten, welche wie unsere Granite in der Nähe von Suhl und zwar bei Lauter vorkommen und bereits durch Werther[2]) analysiert wurden.

Die Gemengteile des Granitit.

Behufs Isolierung der Gemengteile des Gesteins wurde eine grössere Quantität der frischesten Stücke desselben ausgesucht, grob gepulvert, durch sechs Siebe mit allmählich abnehmender Maschenweite gesiebt, und danach die erhaltenen Proben makro- bezw. mikroskopisch untersucht.

Hierbei zeigte sich, dass nur das feinste Pulver, welches mit Hülfe eines Haarsiebes gewonnen, zu einer weiteren Bearbeitung

---

1) Anstatt „Granit II bezw. I".

2) Journ. f. pr. Chem. 91. 330. 1864.

geeignet war. Dieses Pulver wurde mit einem kräftigen Magneten vom beigemengten Magnetit, danach durch Abschlämmen von anhängendem Staub befreit und das so erhaltene Produkt, nachdem im Dampfbade getrocknet war, mit Thoulet'schr Lösung behandelt.

Die erhaltenen Fraktionen wurden mit heissem destillierten Wasser ausgewaschen, mikroskopisch untersucht und, da sich zeigte, dass noch keine derselben aus homogener Substanz bestand, je für sich in dem von Goldschmidt[1]) angegebenen Apparat weiter getrennt.

Die dadurch resultierenden Produkte wurden nach ihrer Auswaschung mit Wasser wie oben angegeben, mit verdünnter Essigsäure ausgezogen, um eventuell eingemengten Kalkspat zu entfernen, von neuem ausgewaschen und endlich wieder getrocknet.

Sie bestanden aus:

1) Feldspat (rötlich) vom spez. Gew. 2,564,
2) Substanzgemisch „ „ „ 2,644,
3) „ „ „ „ 2,644,
4) „ „ „ „ 2,664,
5) Feldspat (weisslich) „ „ „ 2,666,
6) Substanzgemisch „ „ „ 2,686,
7) Gemenge von Mineralen vom spez. Gew. > 2,686.

Das Ergebnis war insofern ein befriedigendes, als wenigstens einer Isolierung zweier Feldspäte in verhältnismässig reinem Zustande, welche doch in erster Linie als Muttermineralе der Zeolithe gelten können, gelungen erschien.

Eine Scheidung des Glimmers von der Hornblende und den beigemengten übrigen Mineralen war wegen der wenig frischen Gesteinsmasse nicht durchführbar. Doch soll im Nachfolgenden noch ein Glimmer besonders berücksichtigt werden, der als 150 Gramm schweres, fast ganz reines Aggregat in dem Granit angetroffen wurde.

Der rötliche Feldspat vom spez. Gew. 2,564.

Von diesem Feldspat konnte nur etwa 1 Gramm erhalten werden.

---

1) Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. s. w. I. Beilageband 1881, S. 181.

Er hatte folgende Zusammensetzung:

				Atomverh.	O
SiO_2	63,19	Si	29,49	1,05	33,70
Al_2O_3	19,48	Al	10,31	0,38	9,17
Fe_2O_3	0,38				
CaO	0,59				
MgO	Spur				
K_2O	11,59	K	9,74	0,25 } 0,38	1,85
Na_2O	4,20	Na	3,12	0,13 }	1,08
H_2O	0,51				
	99,94				$\frac{45,80}{16} = 2,87.$

Die berechneten Atomverhältnisse (KNa) : Al : $Si_{2,8}$: $O_{7,5}$ ergeben annähernd die Orthoklasformel $Si_3O_8Al(K, Na)$ oder $Si_6O_{16}Al_2(K, Na)_2$ und liegt hier ein Kalifeldspat mit hohem Natrongehalt vor, der aber auch Mikroklin als Beimengung enthalten dürfte.

Der weissliche Feldspat vom spez. Gew. 2,666.

Es wurden etwa sechs Gramm dieses Feldspats erhalten. Eine Analyse lieferte nachstehendes Resultat:

SiO_2	61,52
Al_2O_3	24,31
FeO	0,48
CaO	4,14
MgO	Spur
Na_2O	6,10
K_2O	2,32
H_2O	1,65
	100,52

Aus dieser Analyse geht zunächst in Uebereinstimmung mit dem spezifischen Gewicht des Feldspats hervor, dass derselbe zum Oligoklas gehört. Weiterhin zeigt die Analyse durch den gefundenen Kaligehalt, dass der Feldspat noch ziemlich stark mit Orthoklas verunreinigt war, und ferner durch den nachgewiesenen Wassergehalt, dass seine Zersetzung schon ziemlich weit vorgeschritten, wie dies auch durch den mikroskopischen Befund dargethan war. Demgemäss würde bei normaler Veränderung des Feldspats durch Auslaugung der Thonerdegehalt erhöht und der

Gehalt an Kieselsäure, Kalk, Natron bezw. Kali reduziert erscheinen müssen. Es wird sonach die Analyse leider kein genaues Bild der Zusammensetzung des reinen und unzersetzten Oligoklases geben können, doch soll im Folgenden unter Abzug einer dem gefundenen Kali entsprechenden Menge Orthoklas die Aufstellung einer Formel versucht werden.

2,3[1]) Kaliumoxyd entsprechen 13,6 Orthoklas, bestehend aus 8,8 SiO_2, 2,5 Al_2O_3 und 2,3 K_2O.

Ziehen wir die einzelnen Bestandteile dieser Menge Orthoklas von dem auf wasserfreie Substanz berechneten „Oligoklas-Orthoklas-Gemisch" je für sich ab, so erhalten wir unter Vernachlässigung des Eisens 85,9 Oligoklas[2]).

	Oligoklas + Orthoklas (wasserfrei)		Orthoklas		Oligoklas
SiO_2	62,2	—	8,8	=	53,4
Al_2O_3	24,6	—	2,5	=	22,1
Fe_2O_3	0,5				
K_2O	2,3	—	2,3	=	0,0
Na_2O	6,2				6,2
CaO	4,2				4,2
	100,0				85,9.

Erweitern wir den Rest (85,9) auf 100,0, so resultieren folgende Gewichtsmengen für den Oligoklas:

SiO_2	62,2
Al_2O_3	25,7
Na_2O	7,2
CaO	4,9
	100,0.

Berechnet man nun die Prozente eines Albit-Anorthit-Gemisches im Verhältnis von 3 : 1, wobei für Albit und Anorthit folgende Formeln zu Grunde gelegt sind:

$$Na_2\ Al_2\ Si_2\ Si_4\ O_{16}$$

bezw.

$$Ca_2\ Al_2\ Al_2\ Si_4\ O_{16},$$

1) Der Kürze halber sind die Zahlen abgerundet. Vergl. die Analyse.

2) Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Plagioklase öfters etwas Kalisilikat (Or) beigemischt enthalten, sodass ein Abzug von 13,6 Orthoklas als nicht zum vorliegenden Oligoklas gehörig streng genommen nicht ganz korrekt erscheint. Vergl. Tschermak, Lehrb. der Min. 1881, S. 458.

so erhalten wir nachstehende Werte:

22 SiO_2	=	1320	62,0
5 Al_2O_3	=	510	24,0
3 Na_2O	=	186	8,7
2 CaO	=	112	5,3
		2128	100,0.

Bei einem Vergleich der fraglichen Zahlenreihen sehen wir, dass die Gewichtsmengen nicht allzusehr von einander abweichen, und dürfte somit unserm Oligoklas die Formel zukommen:

$$\left\{\begin{matrix} 3\ Na_2\ Al_2\ Si_2\ Si_4\ O_{16} \\ Ca_2\ Al_2\ Al_2\ Si_4\ O_{16} \end{matrix}\right\}.$$

Da, wie später gezeigt werden wird, der Chabasit und der Heulandit einen Gehalt an Strontium aufwiesen, so wurden die bei den Analysen erhaltenen Kalkniederschläge beider Feldspäte nachträglich auf dieses Element spektralanalytisch untersucht, um die Frage zu entscheiden, aus welchem Muttermineral das Strontium in die genannten Zeolithe übergegangen war. Es konnte indessen kein Strontium nachgewiesen werden; desgleichen erga eine spektralanalytische Prüfung der Feldspäte auf Lithium ein ein negatives Resultat.

Der Glimmer (Ausscheidung im Granitit).

Das bereits oben erwähnte Glimmeraggregat besteht aus schwarzen, stark metallglänzenden Blättchen. Selbst in den dünnsten Spaltungslamellen erweist der Glimmer sich noch undurchsichtig, und nur sehr dünne Schliffe werden mit braungelber Farbe durchscheinend. Er ist optisch negativ, der Winkel der optiven Achsen sehr klein. Auch dieser Glimmer enthält wie jener, als integrierender Bestandteil des Granitit beschriebene, Einschlüsse von Apatit, doch treten diese weit seltener auf, und Magneteisen wie auch Epidotkörnchen fehlen gänzlich. Wie alle schwarzen eisenreichen Glimmer der Verwitterung leicht preisgegeben sind, so war auch dieser schon mit einer gelblich-braunen Kruste umgeben. Letztere wurde entfernt, das zurückbleibende reine Material mikroskopisch untersucht und darauf zur Analyse verwendet. Wie schon erwähnt, hatte sich der Glimmer als sehr rein erwiesen.

Die Analyse ergab folgende Zusammensetzung:

				Atomverhält.		O.
SiO_2	34,14	Si	15,93	0,57		18,21
Al_2O_3	17,78	Al	9,41	0,35	0,42	8,37
Fe_2O_3	5,78	Fe	4,05	0,07		1,73
FeO	13,59	Fe	10,70	0,19		2,89
MnO	1,59					
CaO	2,07	Ca	1,48	0,03	0,55	0,59
MgO	13,21	Mg	7,93	0,33		5,28
K_2O	5,70	K	4,79	0,12		0,91
Na_2O	1,16	Na	0,86	0,03	0,65	0,30
H_2O	4,50	H	0,50	0,50		4,00
	99,52					42,28

$$\frac{42,28}{16} = 2,64.$$

Spezifisches Gewicht = 3,015.

Neben den aufgeführten Bestandteilen wurden Fluor, Phosphorsäure, Kupfer, Baryum und Lithium nachgewiesen. Titansäure und Strontium, auf welche besonders Rücksicht genommen wurde, enthält der Glimmer nicht.

Die Aufstellung einer Formel war wegen der abnormen Atomverhältnisse in Folge fortgeschrittener Zersetzung des Glimmers ausgeschlossen, doch geht aus der Analyse hervor, dass derselbe dem Lepidomelan zuzurechnen ist.

Die Neubildungen im Amphibol-Granitit.

Die Neubildungen, welche die vorliegenden Stufen darbieten, bestehen ausser den namhaft gemachten Zeolithen aus Kalkspat und untergeordnet Epidot, schuppigem Eisenglanz und Pyrit. Sie treten in den Spalten und Hohlräumen des Gesteins auf und ragen mit ihren Krystallen in jene hinein oder füllen dieselben als krystallinische Massen aus.

I. Der Kalkspat und die untergeordnet auftretenden sekundären Minerale.

Der Kalkspat erscheint sowohl in ausgebildeten Krystallen als auch — und zwar weit reichlicher — in spatigen Ausfüllungsmassen. Die Krystalle sind von säuligem, tafeligem, rhomboëdrischem und skalenoëdrischem Habitus und haben oft gerundete Flächen; seltener durchsichtig und farblos sind sie gewöhnlich trüb und von milchweisser bis schmutzigweisser oder graulicher Färbung.

1. Die Krystalle von säuligem und tafeligem Habitus.

Einige gut ausgebildete, ca. 1 cm lange weissliche Individuen zeigen die Kombination ∞ R $(10\bar{1}0)$. — $^1/_2$ R $(01\bar{1}2)$; sie sind zum Teil mit Eisenglanz überzogen und sitzen einem Handstück auf, welches etwa zur Hälfte aus derbem Quarz und zur Hälfte aus Kalkspat besteht. Ein Granitstück weist 1—2 cm lange weissliche Krystalle von der Kombination ∞ R $(10\bar{1}0)$. R3 $(21\bar{3}$[1]. — 2 R $(02\bar{2}1)$ auf, die teilweise mit Desmin überwachsen sind.

Sehr häufig kommen verwachsene rauhe und unreine Individuen vor, deren Form der Kombination oR (0001). ∞ R $(10\bar{1}0)$ entspricht. Auf einer kleinen Heulandit-Stufe sind mehrere 3 mm breite milchweisse Calcitkrystalle ersichtlich, welche oR (0001). ∞ R $(10\bar{1}0)$. R3 $(21\bar{3}1)$ in schöner Ausbildung erkennen lassen.

2. Die Krystalle von rhomboëdrischem Habitus.

Die rhomboëdrische Ausbildungsform ist zunächst vertreten durch ein flaches positives Rhomboëder mit scheinbarem Polkantenwinkel von annähernd 124°. Dem entsprechende Individuen von 5 mm Kantenlänge wurden auf einer kleinen Stufe teils für sich, teils in undeutlicher Verwachsung miteinander mit Desmin vergesellschaftet beobachtet. Sie sind milchweiss und haben sehr rauhe Flächen, sodass sich leider keine genauen Messungen ausführen liessen.

Ferner wurde, ebenfalls von Desmin begleitet, — 2 R $(0\bar{2}21)$. R $(10\bar{1}1)$ in etwas kleineren durchscheinenden Krystallen gefunden.

Recht häufig, besonders mit Epidot zusammen, zeigen sich rauhflächige, etwa 5 mm breite, sehr flache Rhomboëder, welche nicht näher bestimmt werden konnten. Diese sind oft nach oR (0001) zwillingsmässig verwachsen und setzen sich hin und wieder zu Formen zusammen, die an das Skalenoëder R 3 (2131) erinnern.

3. Die Krystalle von skalenoëdrischem Habitus.

Von Skalenoëdern wurde R 3 $(21\bar{3}1)$ in grösseren unreinen stark angewitterten sowie kleinen farblosen Individuen mit Desmin bzw. auch Skolezit vergesellschaftet angetroffen.

Eine Chabasitstufe bietet einzelne 3—5 mm lange farblose Kalkspatkrystalle dar, welche zum Teil die Kombination R 5 $(32\bar{5}1)$. R $(10\bar{1}1)$. — 2 R $(0\bar{2}21)$. — $\frac{1}{2}$ R $(01\bar{1}2)$ erkennen lassen. —

Hie und da sind winzige undeutliche Kalkspatkrystalle auf Desmin aufgewachsen, deren Form sich nicht bestimmen liess.

Der Calcit ist das Hauptprodukt eines Auslaugungsprozesses, welchem das Gestein unterworfen war. Er entstammt wohl grösstenteils dem Oligoklas, welcher unter allen andern Gemengteilen des Granitit in der Zersetzung am meisten vorgeschritten erscheint, doch dürfte auch die Hornblende einen nicht unwesentlichen Teil des Calcit geliefert haben.

Der schön grüne Epidot tritt entweder in kompakten Ausfüllungsmassen, welche oft von Pyrit überrindet sind, auf, oder er bekleidet, zarte Krystallnadeln darstellend, die Wände der

Hohlräume des Gesteins wie auch die Flächen mancher Calcit-, Chabasit-, Heulandit- und Desminkrystalle. An Handstücken mit hohem Hornblendegehalt wurde er stets am reichlichsten beobachtet.

II. Die Zeolithe.

Der Desmin.

Unter den bei Suhl vorkommenden Zeolithen ist der Desmin wegen seiner Häufigkeit der wichtigste. Er wird ausser von Kalkspat oft von Skolezit begleitet und ist dann mit letzterem zuweilen in der Weise verwachsen, dass angrenzende Aggregate beider Minerale an den Berührungsstellen sich gegenseitig durchdringen. Besonders erwähnenswert ist eine grössere sehr schöne Stufe, welche Desmin, Chabasit, Heulandit, Kalkspat und Epidotnädelchen, nicht aber gleichzeitig Skolezit aufweist, wogegen sich noch eine grosse Anzahl roter Feldspatkryställchen hinzugesellt, welche aus der Gesteinsmasse herausragen.

Der Desmin bildet zumeist garbenförmige, an den Enden verdickte, oder halbkugelige rosettenähnliche Aggregate von radialer, faserig-blättriger Struktur und mit facettierter Oberfläche. Häufig finden sich Zwillingsbildungen, die an den Enden keine Verdickungen zeigen und dann wie regelmässig gebaute rhombische einfache Krystalle aussehen. Die Garben sind hin und wieder seitlich aufgewachsen, im Uebrigen aber frei ausgebildet; sie sind 1—2,5 cm lang. Die Rosetten haben einen Durchmesser von 2—3 cm; es kommen aber auch flache, radial struierte Ausfüllungsmassen von 5—7 cm Durchmesser vor.

Alle diese Bildungen stellen Durchwachsungszwillinge nach OP (001) dar und zeigen die Kombination

$$\infty \breve{P} \infty\ (010).\quad OP\ (001).\quad \infty P\ (110).$$

An Drusen mit besonders deutlicher Endausbildung der Individuen, wie solche nur bei einigen Rosetten beobachtet wurde, ist auch $\breve{P}\infty$ (101) vorhanden.

Eine mit einem kleinen Reflexionsgoniometer ausgeführte Messung ergab für

$$\infty P\ (110) = 119^0\ 30',$$
$$\text{nach Miller[1]} = 119^0\ 16'.$$

Der Desmin ist von hellbrauner bis dunkelbrauner, unrein

gelblicher oder graulicher Färbung, durchscheinend bis undurchsichtig, auf dem Klinopinakoid von perlmutterartigem Glanz, auf den übrigen Flächen glasglänzend. Unter dem Mikroskop zeigen dünne Spaltungsstücke vereinzelte gelblichbraune Einschlüsse, welche ich für Göthitnädelchen halte. Die Härte wurde zu 4, das spezifische Gewicht an verschiedenen Proben zu 2,168 bezw. 2,171 bestimmt.

Zwei Analysen führten zu folgendem Ergebnis:

	I.	II.	Mittel				Atomverh.	O
SiO_2	56,40	56,43	56,42		Si	26,33	0,94	30,09
Al_2O_3	16,07	16,15	16,11		Al	8,53	0,32	7,58
Fe_2O_3	0,19		0,19					
CaO	8,31	8,31	8,31	äq.				
K_2O	0,80	0,75	0,78	8,98	Ca	6,41	0,16	2,57
Na_2O	0,22	0,23	0,23	CaO				
H_2O	17,74	17,80	17,77		H	1,97	1,97	15,80
			99,81					56,03

$$\frac{56,03}{16} = 3,50.$$

Es verhält sich somit

$$\begin{aligned} Si : Al &= 6 : 2,04 \\ Si : Ca &= 6 : 1,02 \\ Si : H &= 6 : 12,57 \\ Si : O &= 6 : 22,40 \\ Al : Ca &= 2 : 1,00, \end{aligned}$$

woraus sich die empirische Formel

$$Ca(K_2Na_2)Al_2Si_6O_{16} + 6H_2O$$

ungezwungen ergibt.

Auf Baryum, Strontium und Lithium wurde mit Hülfe der Spektralanalyse besonders Rücksicht genommen, doch konnte keines dieser Elemente nachgewiesen werden.

Nach Websky[2]) enthalten die gefärbten Zeolithe aus dem Granit von Striegau organische Substanz. Da nun die Farbe unseres Desmin ebenfalls auf eine derartige Beimischung schliessen liess, weil ausser den kleinen Mengen eingelagerter Göthitnädelchen, welche dem Mineral allenfalls eine rein gelbliche oder rötliche Färbung hätten erteilen können, keine färbenden Metalloxyde

1) Zirkel, Elem. der Min. 12. Aufl. S. 720.

2) Sitzungsber. der Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin vom 15. Mai 1877, S. 161.

konstatiert worden waren, so lag es nahe, auch hier auf organische Beimengungen zu prüfen. Zu diesem Zweck wurde eine Probe des Minerals im einseitig geschlossenen Glasrohr erhitzt. Es entwickelte sich ein schwacher, aber deutlich bemerkbarer, brenzlicher Geruch, und die in den kälteren Teilen des Glasrohrs sich ansammelnden Wassertropfen zeigten eine schwache alkalische Reaktion.

Es war somit die Anwesenheit organischer Substanz, wenn auch nur in minimaler Menge, erwiesen.

Der Skolezit.

Dieser Zeolith bildet flache, bis etwa 5 cm im Durchmesser haltende, Massen von radialer feinfaseriger bis feinstengeliger Struktur. Besonders häufig ist er, wie schon angedeutet war, mit faserigblättrigem Desmin[1]) und meist auch mit Kalkspat verwachsen. Bisweilen erscheinen die Skolezit-Aggregate von Kalkspat und Desmin durchbrochen, oder ersterer bildet die Unterlage vom Skolezit. Recht oft gewahrt man in der Begleitung des Skolezit Heulandit in schön ausgebildeten Krystallen, dagegen muss betont werden, dass unter den Begleitmineralen niemals Chabasit beobachtet wurde.

Der Skolezit ist im allgemeinen von milchweisser Farbe, während aus den Aggregaten hervorragende Stengelchen, welche oft eine Dicke von ca. 0,8 mm erreichen, farblos erscheinen. Der Glanz ist seidenartig. Unter dem Mikroskop zeigen die Fasern des Skolezit nur sehr selten Einschlüsse von Göthit. Die Härte wurde zu 5, das spezifische Gewicht zu 2,270 bezw. 2,274 ermittelt.

In Betreff des Verhaltens des Skolezit gegen starke Salzsäure ist zu bemerken, dass sein Pulver bei längerem Stehen mit dieser Säure schon bei gewöhnlicher Temperatur, beim Erwärmen fast sofort zu einer Gallerte gestand. Kenngott wie auch Lemberg[2]) haben schon früher entgegen anderen Erfahrungen ein ähnliches Verhalten des Skolezit festgestellt, und ist somit an unserm Material die Beobachtung genannter Autoren bestätigt worden.

---

1) Vergl. S. 40.

2) Zirkel, Elem. der Min. 12. Aufl., S. 723.

Zwei Analysen lieferten folgendes Resultat:

	I.	II.	Mittel			Atomverh.	O
SiO_2	45,75	45,75	45,75	Si	21,35	0,76	24,40
Al_2O_3	26,57	26,51	26,54	Al	14,05	0,52	12,49
Fe_2O_3	Spur	Spur	Spur				
CaO	13,15	13,16	13,16 } äq.				
K_2O	Spur	Spur	Spur } 13,69	Ca	9,78	0,24	3,91
Na_2O	0,61	0,56	0,59 } CaO				
H_2O	13,73	13,76	13,75	H	1,53	1,53	12,22
		99,79					$\frac{53,02}{16} = 3,31.$

Demnach verhält sich

$$Si : Al = 3 : 2,05$$
$$Si : Ca = 3 : 0,95$$
$$Si : H = 3 : 6,09$$
$$Si : O = 3 : 13,06$$
$$Al : Ca = 2 : 0,92.$$

Hieraus ergiebt sich die empirische Formel

$$Ca(Na_2K_2)Al_2\ Si_3\ O_{10} + 3H_2O$$

oder in Analogie mit der Formel des Natrolith

$$Ca(Na_2K_2)Al[Al(OH)_2](SiO_3)_3 + 2H_2O.$$

Zwei im Rohr ausgeführte Wasserbestimmungen ergaben 13,22 bezw. 13,27% Wasser, zwei Glühverlustbestimmungen, an demselben Material im Platintiegel vor dem Gebläse ausgeführt, lieferten die in obigen Analysen verzeichneten etwas höheren Ergebnisse, sodass die für Skolezit bekannte Thatsache, dass ein Teil des Wassers erst bei starker Glühhitze entweicht, auch an diesem Vorkommen bestätigt werden konnte.

Eine spektralanalytische Untersuchung auf Baryum, Strontium und Lithium ergab ein negatives Resultat.

Der Chabasit.

Der Chabasit tritt an den vorliegenden Stufen nur in seiner gewöhnlichsten Form, dem Hauptrhomboëder auf. Auch wurden nur selten Durchwachsungszwillinge beobachtet. Die Krystalle haben meistens eine Kantenlänge von 2—4 mm, doch weist eine Stufe einen Krystall und Bruchstücke von solchen von1 cm bezw. mehr Kantenlänge auf.

Eine Winkelmessung ergab für

R (0001) 95° (Fassathal 95° 2'[1]).

Wie beim Skolezit so kommen auch in der Begleitschaft des Chabasit meist schöne Heulandit-Individuen vor.

Dem Gestein stets unmittelbar aufsitzend, ist er oft von Calcit umwachsen.

Er ist von rötlich-gelber Färbung und besitzt glasglänzende oder sehr häufig mit Epidotnädelchen überzogene Flächen; im Uebrigen hat er grosse Aehnlichkeit mit dem bekannten Striegauer Vorkommnis.

Unter dem Mikroskop erscheint der Chabasit in dünnen Schichten fast farblos, dagegen zeigen sich häufiger als beim Desmin Einschlüsse von Göthit, und in feinen Rissen auch braune, durch Infiltration dorthin gelangte Eisenoxydmassen, sodass die Farbe des Chabasit ohne Zweifel grossenteils hiervon herrührt. Beim Erhitzen einer Probe des Minerals im einseitig geschlossenen Glasrohr zeigten sich übrigens dieselben Erscheinungen, welche am Desmin konstatiert worden waren: es trat z. B. ein brenzlicher Geruch auf, der die Gegenwart organischer Substanz ausser Zweifel liess.

Die Härte betrug 4, das spezifische Gewicht 2,088 und 2,094.

Das zur Analyse bestimmte, möglichst wenig gefärbte Material enthielt trotz sehr behutsamen Aussuchens dennoch kleine Mengen Kalkspat, weshalb dasselbe zur Entfernung des letzteren gröblich gepulvert und in Wasserbadwärme so lange mit stark verdünnter Essigsäure behandelt wurde, bis die Kohlensäure-Entwickelung aufgehört hatte. Hiernach wurde das Material abgewaschen und bei einer 40° nicht übersteigenden Wärme getrocknet.

Zwei Analysen ergaben folgende Zusammensetzung des Chabasit:

---

1) Zirkel, Elem. der Min. 12. Aufl. S. 709.

	I.	II.	Mittel		Atomverh.			O
SiO_2	50,75	50,49	50,62		Si	23,62	0,84	27,00
Al_2O_3	17,10	17,18	17,14		Al	9,07	0,34	8,07
Fe_2O_3	0,42		0,42					
CaO	8,82	8,72	8,77					
SrO[1]	Spur	Spur	Spur	10,17 äq. CaO	Ca	7,26	0,18	2,91
K_2O	1,15		1,15					
Na_2O	0,79		0,79					
H_2O	20,78	20,71	20,74		H	2,30	2,30	18,44
			99,63					56,42

$$\frac{56,42}{16} = 3,53.$$

Demnach ist

$$Si : Al = 5 : 2,02$$
$$Si : Ca = 5 : 1,07$$
$$Si : H = 5 : 13,68$$
$$Si : O = 5 : 20,99$$
$$Al : Ca = 2 : 1,06$$

woraus sich die empirische Formel

$$Ca(Sr\ K_2Na_2)\ Al_2\ Si_5\ O_{14} + 7H_2O$$

ergibt.

Lithium war auch in diesem Zeolith nicht enthalten.

Obige Zusammensetzung entspricht also einem Gliede der Mischungsreihe zweier isomorpher Silicate, deren Endglieder

$$\overset{''}{R}\ Al_2\ Si_2\ O_8 + 4H_2O \text{ und}$$

$$\overset{''}{R}\ Al_2\ Si_6\ O_{16} + 8H_2O$$ [2])

nicht bekannt sind, und gehört unser Chabasit demnach zu den siliciumreichen Abarten dieser Species.

Der Heulandit.

Auf den zahlreichen Stufen, welche mir zur Verfügung standen, ist der Heulandit nur in geringer Menge vorhanden; er zeichnet sich aber vor allen übrigen Zeolithen durch seine farblosen, meist sehr schön ausgebildeten Krystalle aus.

Auch er ist gleich dem Chabasit dem Gestein stets direkt aufgewachsen und sehr häufig von Calcit umgeben.

Einige weniger schöne Individuen haben, von OP (001) zu OP

1) Spektralanalytisch nachgewiesen.

2) P. Groth, Tabellar. Uebersicht der Min. 1889, 148.

(001) gemessen, eine Länge von etwa 12 mm und von ∞P∞ (100) zu ∞P∞ (100) eine Breite von ca. 3 mm; sie sind sämtlich mit der seitlichen Endfläche aufgewaschen und lassen von anderen Flächen nur wenig erkennen, da ihre Ausdehnung in der Richtung der Orthodiagonale zu gering ist.

Die flächenreicheren Krystalle haben, von OP (001) zu OP (001) wie auch von ∞P∞ (010) zu ∞P∞ (010) gemessen, meist einen Durchmesser von 4 mm. Da diese Krystalle ⊥ zum Orthopinakoid eine geringere (ca. 1 mm) Ausdehnung besitzen, so erscheinen sie tafelförmig. Sie sind in der Regel mit der seitlichen Endfläche aufgewachsen und kommen am häufigsten vor.

Eine kleine Stufe zeigt zwei schöne mit dem basischen Pinakoid aufgewachsene Krystalle, deren Ausdehnung von Klinopinakoid zu Klinopinakoid 8 bezw. 10 mm, von Orthopinakoid zu Orthopinakoid 3 mm beträgt; diese Krystalle bilden Aggregate von zahlreichen mit ∞P∞ (010) in paralleler Lage verwachsenen Lamellen, wie an dem basischen Pinakoid und dem Orthodoma sichtbar ist, welche treppenartig gestuft sind.

Die Kombination der kleineren wie auch der letzteren beiden Krystalle besteht aus

∞P∞ (100) . OP (001) . ∞P∞ (010) . P∞ (101) . + 2P ($\bar{2}$21).

Ein Versuch, genaue Messungen anzustellen, scheiterte, da die Flächen nur mehr oder minder verzerrte Bilder lieferten. Doch wurden einige Kontrollmessungen mit einem kleinen Reflexionsgoniometer ausgeführt und hierbei folgende Werte erhalten:

		Gefunden
∞P∞ (100) : OP (001)	= 117° 30′;	116° 20′[1]
∞P∞ (100) : P∞ (101)	= 130°;	129° 40′[1]
∞P∞ (010) : +2P ($\bar{2}$21)	= 112°;	111° 58′[1].

Das Klinopinakoid ist von starkem Perlmutterglanz, sonst sind alle Fächen glasglänzend.

Unter dem Mikroskop wurden in Spaltblättchen des Minerals nur sehr vereinzelte Einschlüsse von Göthit wahrgenommen.

Die Härte auf der seitlichen Endfläche beträgt 3,5, auf den übrigen Flächen 4,5; das spezifische Gewicht konnte wegen Materialmangels nicht genau ermittelt werden.

Zwei Analysen ergaben folgendes Resultat:

---

1) Zirkel, Elem. der Min. 12. Aufl., S. 715.

	I.	II.	Mittel		Atomverh.		O
SiO_2	58,30	58,31	58,31	Si	27,21	0,97	31,10
Al_2O_3	16,70	16,68	16,69	Al	8,84	0,32	7,86
Fe_2O_3	Spur	Spur	Spur				
CaO, SrO	8,79	8,88	8,84 } äq. 9,62 CaO				
K_2O	0,79		0,79	Ca	6,87	0,17	2,75
Na_2O	0,35		0,35				
H_2O	15,66	15,57	15,62	H	1,73	1,73	13,89
			100,60				55,60

$$\frac{55,60}{16} = 3,48.$$

Es verhält sich demnach

$$\begin{aligned} Si : Al &= 6 : 1,98 \\ Si : Ca &= 6 : 1,05 \\ Si : H &= 6 : 10,70 \\ Si : O &= 6 : 21,52 \\ Al : Ca &= 2 : 1,06, \end{aligned}$$

woraus sich, bei der Annahme, dass das Untersuchungsmaterial noch etwas hygroskopisches Wasser enthalten habe, die Formel

$$CaSr(K_2Na_2)\ Al_2\ Si_6\ O_{16} + 5H_2O,$$

bezw. in Rücksicht auf den Wassergehalt des Silikatmolekels die Formel

$$H_4\ [CaSr(K_2Na_2]\ Al_2\ (SiO_3)_6 + 3H_2O$$

ergibt.

Besonders bemerkenswert erscheint der Gehalt des Heulandit an Strontium. Jannasch[1]), welcher eine Reihe von Heulanditen analysierte, fand in allen Strontium, weshalb er vermutete, dass dies Element in keinem Heulandit fehle. Seine Vermutung hat sich also auch an diesem Heulandit-Vorkommen als richtig erwiesen.

Die geringe Menge des Untersuchungsmaterials gestattete es leider nicht, eine quantitative Bestimmung des Strontiums auszuführen, und da eine solche nur mit einer Zerstörung aller noch vorhandenen Stufen möglich gewesen wäre, so wurde davon Abstand genommen.

---

1) Zeitschr. f. Kryst. und Min., herausg. v. P. Groth, 15. 118. Referat Originalabhandlung in d. Ber. d. chem. Gesch. 1887, 20, 340.

Gehen wir nun an der Hand der ausgeführten Analysen zu einigen Schlussfolgerungen über.

Besonders interessant bei unsern Zeolithen ist ihr Gehalt an Alkalien.

Die Analysen haben ergeben, dass im Desmin, Chabasit und Heulandit das Kali, im Skolezit dagegen das Natron überwiegend enthalten ist. Es scheint demnach bei ersteren Zeolithen die Neigung zu bestehen, leichter Kali als Natron aufzunehmen, während beim Skolezit das Umgekehrte der Fall ist. Ferner gestatten diese Verhältnisse den Schluss, dass der Skolezit fast ganz ein Auslaugungsprodukt des Oligoklases ist, und die kalihaltigen Mutterminerale (Orthoklas und Mikroklin) wenig zu seiner Bildung beitrugen.

Das Kali im Desmin, Chabasit und Heulandit stammt wegen der fortgeschritteneren Zersetzung der Feldspäte dem Glimmer und der Hornblende gegenüber jedenfalls zumeist aus dem Orthoklas und Mikroklin, und dürften somit Glimmer und Hornblende überhaupt keinen nennenswerten Anteil an der Bildung der Zeolithe genommen haben. Der Desmin, Chabasit und Heulandit sind demnach wesentlich als Auslaugungsprodukte des Oligoklases und nebenbei der Kalifeldspäte anzusehen.

Das Vorhandensein von Strontium im Heulandit und Chabasit bei gänzlichem Fehlen dieses Elements im Desmin und Skolezit deutet auf ein den erstgenannten Zeolithen innewohnendes Bestreben hin, bei ihrer Krystallisation Strontium in ihre Masse aufzunehmen, mit dem Unterschiede jedoch, dass dieses Bestreben im Heulandit bei Weitem grösser zu sein scheint als im Chabasit; ja alle bisherigen Erfahrungen sprechen dafür, dass der Heulandit überhaupt nur bei Gegenwart einer gewissen Menge Strontium bildungsfähig ist.

Aus welchem Mineral nun das Strontium in diese Zeolithe gelangte, konnte leider nicht ermittelt werden wegen der Schwierigkeiten, welche sich einer genauen Trennung des Glimmers von der Hornblende einerseits und einer solchen der Feldspäte andererseits entgegenstellte.

Dass endlich das bei den Auslaugungsvorgängen des Gesteins gelöste Eisenhydroxyd am Aufbau des Zeolithmolekels nicht teilnahm, sondern in mikroskopischen Krystallen als Göthit in der

Masse der Zeolithe ausgeschieden wurde, ist wegen des schwachen basischen Charakters des Eisenhydroxyds erklärlich.

Was die Vergesellschaftung der Neubildungen im allgemeinen anbetrifft, so wurde konstatiert, und sei kurz zusammengefasst, dass Kalkspat stets vorhanden ist, Desmin und Heulandit mit allen Neubildungen gleichzeitig vorkommen, die Gegenwart von Chabasit jedoch die von Skolezit ausschliesst. Dabei ist zu bemerken, dass Desmin mit Skolezit und auch Heulandit einerseits und Chabasit mit Heulandit anderseits vorwiegend vergesellschaftet sind.

Die Altersfolge der sekundären Minerale dürfte sich nach den vorausgegangenen Beobachtungen dahin zusammenfassen lassen, dass der Calcit im allgemeinen älter als der Skolezit, aber jünger als die übrigen Zeolithe ist. Unter diesen erscheint jedoch der Desmin dem Skolezit gegenüber auch als jüngere Bildung. — Der Epidot, welcher auf fast allen übrigen Neubildungen aufgewachsen erscheint, sowie die erwähnten, auf Desmin aufsitzenden Kalkspatkryställchen sind natürlich als jüngste Bildungen zu betrachten.

Fassen wir das Auftreten unserer Zeolithe in Graniten überhaupt ins Auge, so sehen wir, dass das Vorkommen von Desmin in Granit keine seltene Erscheinung ist, wofür ausser den zahlreichen schlesischen Fundstätten[1]) als Königstein bei Görlitz, Striegau, Strehlen, Niklasdorf, Lomnitz, Rohrlach und Kunersdorf, die bekannten Vorkommnisse von Bodenmais[2]) und Baveno[2]) und endlich die schweizerischen, englischen und amerikanischen Fundorte sprechen.

Der Chabasit tritt viel seltener in Granit auf. Seine bekannteren Fundstellen in Granit sind Striegau[3]), Baveno und Giebelbach zwischen Viesch und Laax[4]).

Der Heulandit und der Skolezit endlich sind bisher am seltensten in Granit gefunden worden, z. B. beide in Striegau[5]), ersterer auch bei Viesch in Wallis[6]).

1) H. Traube, Die Minerale Schlesiens. Breslau 1888, S. 74 ff.
2) Tschermak, Lehrb. d. Min., 3. Aufl., S. 501.
3) H. Traube, Die Min. Schles. Breslau 1888. S. 54
4) Kenngott, Die Min. der Schweiz, 1866, S. 193.
5) H. Traube, Die Min. Schles., Breslau 1888, S. 120 bezw. 217.
6) Tschermak, Lehrb. d. Min., 3. Aufl., S. 500.

Die bei den Analysen angewandten Methoden.

Zu den Analysen wurde, soweit es möglich war, nur gebeuteltes lufttrockenes Material in Anwendung gezogen.

Die durch Isolierung mittels Thoulet'scher Flüssigkeit erhaltenen Feldspäte wurden vor der Analyse bei einer 80° nicht überschreitenden Temperatur getrocknet.

Die Kieselsäure wurde in den durch Salzsäure nicht zersetzbaren Silicaten bestimmt durch Aufschliessen der Substanz mit Kalium-Natriumcarbonat, Aufnehmen der Schmelze mit verdünnter Salzsäure, Eindampfen und völliges Verjagen der letzteren auf dem Wasserbade (durch Nachgabe von Wasser zu dem trockenen Rückstand und abermaliges Verdampfen), vierstündiges Austrocknen des Rückstandes auf dem Wasserbade, halbstündige Digestion mit möglichst wenig, eventuell nachzugiessender, konzentrierter Salzsäure, Aufnehmen mit heissem Wasser, Abfiltrieren und schnelles Auswaschen mit heissem Wasser.

Da trotz der Digestion mit konzentrierter Salzsäure bei hohem Eisengehalt der Mineralproben die Kieselsäure mit Fluorwasserstoff nicht völlig flüchtig war, sondern nach stattgehabtem Glühen gewöhnlich ein kleiner Rückstand (0,1—0,2% der bestimmten Kieselsäure) im Tiegel konstatiert wurde, so wurde der Rückstand gewogen, sein Gewicht von dem der Kieselsäure abgezogen, alsdann in Salzsäure gelöst und mit dem Filtrat von der Kieselsäure vereinigt.

Die Aufschliessung der Zeolithe geschah mit starker Salzsäure in üblicher Weise, sonst verfuhr ich wie oben.

Im Filtrat von der Kieselsäure wurden zunächst Thonerde und Eisen bestimmt. Der Thonerde-Eisenniederschlag musste bei dem hohen Kalkgehalt des gegebenen Materials durch Lösen in Salzsäure und wiederholtes Fällen mit Ammoniak von eingeschlossenem Kalk gereinigt werden. Bei Gegenwart von Mangan wurde nur eine einmalige Fällung und zwar durch längeres Kochen der nur eben sauren stark konzentrierten Lösung mit krystallisiertem Natriumacetat und schnelles Verdünnen mit kochendem Wasser vorgenommen. In jedem Falle wurde der kalkfreie Thonerde-Eisenniederschlag nach dem Auswaschen in verdünnter Schwefelsäure gelöst, die Lösung in zwei Teile geteilt, in einem Teil das Gesamtgewicht des Aluminium- und Eisenoxydes be-

stimmt, in dem andern Teil im Ventilkölbchen das Eisenoxyd mittels Zinks reduziert und dann mit Chamäleon titriert; die Menge des Aluminiumoxyds ergab sich alsdann aus der Differenz.

Die Eisenoxydulbestimmungen geschahen durch Aufschliessen der Mineralproben mittels Schwefelsäure (2 Vol. + 1 Vol. Wasser) im zugeschmolzenen Rohr im Wasserbade und Titration mit Chamäleon.

Das Mangan wurde in von Thonerde und Eisen befreiter essigsaurer Lösung durch mehrstündiges Digerieren im Wasserbade mit Brom ausgefällt und als Manganoxyduloxyd gewogen.

Kalk und Magnesia wurden in gewohnter Weise ausgefällt, und ersterer als Oxyd, letztere als Pyrophosphat gewogen.

Die Bestimmung der Alkalien geschah durch Abscheidung des Kaliums aus den Chloriden mittels Platinchlorid, und Berechnung des Natriums aus der Differenz. Die in Salzsäure unlöslichen Silicate wurden mit Flusssäure unter Zusatz von etwas Schwefelsäure aufgeschlossen. Bei Abwesenheit von Magnesia wurden die aus dem Fluss-Schwefelsäureaufschluss erhaltenen Sulfate der Alkalien durch wiederholtes schwaches Glühen mit Ammoniumchlorid in Chloride übergeführt. Wenn Magnesia zugegen war, so wurden behufs Entfernung derselben aus dem Filtrat vom Calciumoxalat zunächst die Ammonsalze durch Abdampfen und Glühen verflüchtigt, der Rückstand mit Wasser aufgenommen, mit überschüssigem Baryumhydroxyd längere Zeit erhitzt (um Magnesia als Hydroxyd zu fällen), filtriert, im kochenden Filtrat das überschüssige Baryumhydroxyd durch Einleiten von Kohlensäure niedergeschlagen, das gebildete Baryumcarbonat abfiltriert, und das Filtrat unter Zugabe von etwas Ammoncarbonat eingedampft. Der Rückstand, welcher nun aus den Carbonaten der Alkalien bestand, wurde geglüht und behufs Reinigung der letzteren wiederholt gelöst, filtriert und abgedampft. Durch Zusatz von Salzsäure endlich wurden die Alkalien in Chloride übergeführt. Die Wasserbestimmungen geschahen teils im Verbrennungsrohr mit tariertem Chlorcalciumrohr, teils wurden sie durch Glühen der Proben im Platintiegel über dem Gebläse und Wägen des Rückstandes ausgeführt. Bei den Zeolithen wurde durchweg die letztere Methode angewendet.

Die Untersuchungen auf Schwermetalle, Phosphorsäure und Titan geschahen in Aufschlüssen von 10—20 Gramm. Bei der

Prüfung des Glimmers auf Strontium wurden 20 Gramm in Anwendung gebracht.

Die Volumgewichtsbestimmungen wurden mit Ausnahme der durch die Thoulet'sche Lösung gewonnenen Feldspäte an den feinkörnigen Mineralproben in einem Pyknometer bei 15° ausgeführt.

Die den Berechnungen zu Grunde gelegten Atomgewichte.

Si = 28	Ca = 40	H = 1
Al = 27	Mg = 24	Pt = 195
Fe = 56	K = 39	Cl = 35,5
Mn = 55	Na = 23	P = 31.

Die chemischen Arbeiten vorstehender Abhandlung wurden im Erlanger Laboratorium für angewandte Chemie, die petrographischen und mineralogischen Untersuchungen im Erlanger mineralogisch-geologischen Institut ausgeführt.

Uebersichtstabelle der ausgeführten Analysen.

Anm. Die Horizontalstriche in den Kolumnen deuten an, dass auf die betr. Körper Rücksicht genommen wurde.

	Amphibol-Granitit I.	A.-Granitit II (verwittert).	Orthoklas	Oligoklas (mit Orthoklas untermischt).	Schwarzer Glimmer.	Desmin.		Skolezit.		Chabasit.		Heulandit.	
	Spez. Gew. = 2,735.	Spez Gew. = 2,748.	Spez. Gew. = 2,564.	Spez. Gew. = 2,666.	Spez. Gew. = 3,015.	Spez. Gew. = 2,168—2,171.		Spez. Gew. = 2,270—2,274.		Spez. Gew. = 2,088—2,094		Spez. Gew.?	
	O-Quotient = 2,96.	O-Quotient = 2,89.	($KNa : Al : Si_{2,8} : O_{7,8}$.	Nach Abzug des Orthoklases festgestellte Formel: $3\,Na_2\,Al_2\,Si_2\,Si_4\,O_{16}$ $Ca_2\,Al_2\,Al_2\,Si_4\,O_{16}$.	Formel ?	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
SiO_2	60,08	53,75	63,19	61,52	34,14	56,40	56,43	45,75	45,75	50,75	50,49	58,30	58,31
Al_2O_3	13,90	12,63	19,48	24,31	17,78	16,07	16,15	26,57	26,51	17,10	17,18	16,70	16,68
Fe_2O_3	7,16	9,06	0,38	—	5,78	0,19		Spur		0,42		Spur	
FeO	3,50	4,44	—	0,48	13,59	—		—		—		—	
MnO	Spur	Spur			1,59								
CaO	4,04	5,27	0,59	4,14	2,07	8,31	8,31	13,15	13,16	8,82	8,72	8,79	8,88
MgO	2,91	4,57	Spur	Spur	13,21	—		—		—		—	
K_2O	2,35	1,93	11,59	2,32	5,70	0,80	0,75	Spur		1,15		0,79	
Na_2O	3,23	3,37	4,20	6,10	1,16	0,22	0,23	0,61	0,56	0,79		0,35	
H_2O	2,61	4,00	0,51	1,65	4,50	17,74	17,80	13,73	13,76	20,78	20,71	15,66	15,57
BaO	Spur	Spur	—	—	Spur	—		—		—		—	
SrO	?	?	—	—	—	—		—		Spur		Wieviel?	
Li_2O	Spur	Spur	—	—	Spur	—		—		—		—	
CuO	„	„			„								
TiO_2	„				-								
P_2O_5	„				Spur								
F					Wieviel?								

Hermann von Helmholtz.

Rede zur Feier seines 70. Geburtstages.

Gehalten von E. Wiedemann.

In H. v. Helmholtz sehen wir einen der Geisterheroen vor uns, wie dieselben nur sehr, sehr selten auftreten; ihr Erscheinen bezeichnet den Abschluss einer Periode in der Entwickelung der Wissenschaften und den Beginn einer neuen. Nicht eine Wissenschaft rechnet ihn zu den ihrigen, sondern fast alle Naturwissenschaften verdanken ihm Förderung. Auf den mannigfachsten Gebieten hat Helmholtz Grosses geleistet, Arbeiten geschaffen, deren jede einzelne genügt hätte einen Forscher unter die ersten seiner Fachgenossen zu erheben. Helmholtz ist Physiolog und Physiker, Mathematiker und Philosoph, Zoolog und Anatom; und wo er eingreift, entsteht bedeutendes.

Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz wurde am 31. August 1821 zu Potsdam geboren, wo sein Vater Gymnasiallehrer war. Er war ein schwächliches Kind, das viel zu Hause bleiben musste und dort auf sein Spiel angewiesen war, dabei beschäftigte er sich vor allem gerne mit einem Baukasten. Angeregt durch diesen interessierte er sich besonders für Geometrie, dann für Mathematik im Allgemeinen und für die Naturwissenschaften. Alles was nicht in einen logischen Zusammenhang gebracht werden konnte, vermochte er nur schwer seinem Gedächtnisse einzuprägen, so z. Bsp. grammatische Regeln; dagegen lernte er leicht Homer, Horaz auswendig. Einen sehr wichtigen Einfluss, wenn auch zunächst in negativer Richtung übten Spaziergänge aus, welche er mit seinem Vater, der von den Freiheitskriegen her Fichtianer, und einem Freunde desselben, der Hegelianer war, unternahm. Deren Dispute, die nie zu einem Abschluss gelangten, verleideten ihm metaphysische Betrachtungen und drängten ihn dazu stets an die Realität anzuknüpfen; wir werden später noch oft hiervon Spuren entdecken.

Er studierte 1838 in Berlin Medizin und zwar am Friedrich-Wilhelm-Institut, einer Anstalt zur Ausbildung von Militärärzten. Aus den Ersparnissen, die er während einer Erkrankung am Typhus machte, während dessen er als Zögling der Anstalt unentgeltlich verpflegt wurde, vermochte er sich ein Mikroskop anzuschaffen, ein damals noch wertvoller Schatz. Es leistete ihm bei der Untersuchung der Ganglien bei Inverteberaten, mit der er promovierte und zu der er von seinem grossen Lehrer Johannes Müller angeregt worden war, sowie bei seinen späteren Forschungen über Fäulniss vorzügliche Dienste. In letzteren wies er zunächst im Gegensatz zu Liebig nach, dass Sauerstoff allein keine Fäulniss hervorbringen kann, weitere Versuche liessen ihm indess dies Resultat als zweifelhaft erscheinen. Im Jahre 1842 wurde er dann Assistenzarzt an der Charité, 1843 Militärarzt in Potsdam, wo er unter dem Mangel an literarischen Hülfsmitteln sehr zu leiden hatte, 1848 Lehrer der Anatomie an der Kunstakademie in Berlin als Nachfolger des ihm in vieler Hinsicht geistesverwandten Brücke. Zugleich entwickelten sich nahe Beziehungen zu Du Bois Reymond, der bei Johannes Müller arbeitete. Du Bois beschäftigte sich damals mit den elektrischen Erscheinungen der Nerven; dadurch wurde Helmholtz zu den weittragenden Arbeiten über die Fortpflanzung der Reizung in den Nerven geführt, Arbeiten, an die schon Du Bois gedacht, die er aber nicht zu unternehmen gewagt hatte. 1849 wurde er als Professor der Physiologie und pathologischen Anatomie nach Königsberg berufen, 1855 als Professor der Anatomie und Physiologie nach Bonn. Es ist dies die Zeit, wo die Physiologie unter dem Einfluss eines E. H. Weber, Ludwig, Brücke, Helmholtz mehr und mehr sich zu einer selbständigen Wissenschaft entwickelte. Sie löst sich von der Anatomie, mit der sie bis dahin auf das engste verbunden war, los und sucht zu Physik und Chemie Fühlung, aus deren Gesetzen sie die Vorgänge der Erscheinungen am lebenden Körper zu erklären suchte. 1858 wurde ein Lehrstuhl für Physiologie in Heidelberg gegründet; einem Ruf dorthin leistet Helmholtz Folge und arbeitet zunächst in dem alten „Ritter", in demselben Haus, in dem eine Treppe höher Kirchhoff und Bunsen ihre Arbeiten über Spectralanalyse ausführten. Später bezog er mit Kirchhoff ein neues Institut. Als Magnus in Berlin starb, konnte es sich bei der Frage nach seinem Nachfolger allein

um Helmholtz handeln, der im Jahre 1871 dorthin übersiedelte. Wenige Jahre später folgte ihm Kirchhoff. Als dann 1887 W. Siemens durch die Schenkung einer sehr grossen Summe die Gründung einer Technischen Reichsanstalt ermöglichte, übernahm Helmholtz die Direktion derselben, und leitete dieselbe in grösster geistiger Frische bis zum heutigen Tage; jede der dort ihm entgegentretenden technischen Fragen löst er mit der ihm eignen Klarheit und Uebersicht.

Reiche äussere Ehren sind Helmholtz zu Teil geworden. 1883 wurde er geadelt, wol auf Antrag des damaligen Kronprinzen von Preussen, zu dessen Kreise Helmholtz als ein oft und gerne gesehener Gast gehörte, und zu seinem 70ten Geburtstage ist ihm der Titel Excellenz verliehen worden.

Helmholtz war zweimal verheiratet, das eine Mal mit der Tochter eines hannover'schen Artillerieoffizieres Penne, einem direkten Nachkommen des Penne, von dem Pennsylvanien seinen Namen hat, das zweite Mal mit der Tochter des bekannten Staatsmannes von Mohl. Das Helmholtz'sche Haus ist einer der Sammelpunkte des Berliner geistigen Lebens, wo die verschiedensten Interessensphären sich berühren. Von seinen Kindern ist die älteste Tochter gestorben, die zweite mit einem Sohne von Werner von Siemens verheiratet, in ihnen vereinen sich die Familien der grössten Forscher auf technischem und auf wissenschaftlichem Gebiete. Der älteste Sohn ist ein ganz hervorragender Ingenieur, und wie sein Vater schon als Kind die Anregung zu seinen Arbeiten empfieng, so kannte der Sohn schon als Knabe in Heidelberg alle Lokomotiven in ihren Eigentümlichkeiten. Helmholtz zweiter Sohn Robert ist leider nur zu früh den Seinen und der Wissenschaft entrissen worden. Eine Reihe ausgezeichneter Arbeiten haben seine hohe Begabung erkennen lassen, Arbeiten, die vielfach den Stempel vererbter Anlagen tragen, trotzdem Helmholtz selbst die Arbeiten seines Sohnes in keiner Weise beeinflusst hat; er bekam sie gewöhnlich erst nach ihrer Vollendung zu sehen.

Helmholtz' Persönlichkeit ist eine ausnehmend eindrucksvolle; jeder der ihm hat näher treten dürfen, wird dies voll empfunden haben; besonders auffallend ist die ungemeine Ruhe, die ihn auszeichnet und die in der grossen Klarheit des Denkens und Empfindens wurzelt.

Der Lebensgang von Helmholtz, wie ich ihn Ihnen kurz geschildert habe, der so reich bewegt und so vielseitig gestaltet war, konnte natürlich nur für einen so all umfassenden Geist möglich sein, musste aber auch umgekehrt für ihn von grosser Bedeutung werden. Schon dass ihn die äusseren Verhältnisse veranlassten, zunächst Medizin zu studieren, zwang ihn, sich auf allen Gebieten der Naturwissenschaft zu orientieren; er selbst hat öffentlich und im Gespräch die Bedeutung dieses Bildungsganges hervorgehoben und z. B. geraten, dass auch Physiker wenigstens das Tentamen physikum absolvieren sollten. Spuren seiner Thätigkeit an der Kunstakademie finden wir in den vielen Untersuchungen, welche die Grenzgebiete zwischen Aesthetik und Naturwissenschaft behandeln.

Als Helmholtz in den vierziger Jahren nach Berlin kam, herrschte dort ein ungemein reges physikalisches Leben. Grosse Gebiete der Physik hatten feste Gestalt angenommen, die Meckanik, gewisse Gebiete der Elektrizitätslehre. Da hatte Magnus ein physikalisches Laboratorium aus eigenen Mitteln gegründet, freilich nicht in unserem Sinne, sondern ein Forschungslaboratorium, in dem junge Gelehrte unter seiner, meist nur wenig nachhelfenden Leitung experimentierten. Diese jungen strebenden Geister schlossen sich zu der physikalischen Gesellschaft zusammen. Zu ihr gehörten um das Jahr 1850 Helmholtz, Clausius, Kirchhoff, Du Bois, Karsten, Knoblauch, Beetz, mein Vater u. a., d. h. also diejenigen, welche neben den Schülern von Neumann in Königsberg und den sehr wenigen von W. Weber in Göttingen lange Zeit die Physik an unseren Hochschulen vertreten haben. Die Fülle der Anregungen, die in diesem Zusammenleben der Einzelne empfing, ist an keinem derselben spurlos vorübergegangen. Dies spricht sich in der Universalität der Durchbildung und dem Umfang des Wissens und Könnens aus, die jene Gelehrten auszeichnet. Sie waren es ja auch, die zusammen grosse Gebiete der Physik eroberten und unter denen die deutsche experimentelle Physik einer der ausländischen vollkommen ebenbürtige Stellung einnahm. Das war auch der Kreis, in dem Helmholtz's Prinzip von der Erhaltung der Energie jubelnde Zustimmung fand.

Bei allen seinen Forschungen knüpft Helmholtz an die Thatsachen an und zieht aus ihnen die Konsequenzen; er geht nicht von allgemeinen Hypothesen aus, um aus ihnen die Einzelerscheinung zu deduzieren. So ist es beim Prinzip von der Erhaltung der Energie, das eine direkte Folge der Ergebnisse der bisherigen Forschungen der Physiker war, und das ihm als etwas selbstverständliches erschien. Aber wie steigt Helmholtz von den Thatsachen auf; mit gewaltigen Sprüngen erreicht er Höhen, von denen aus ihm Gebiete, weit abliegend von dem Ausgangspunkte, erschlossen sind. Vielseitigkeit und Höhe der Auffassung, Tiefe und vor allem die Ausdauer des Denkens zeichnen ihn aus. Wie speziell mag die Frage nach der Aenderung der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes mit der Temperatur erscheinen, ein Thema für eine Doktordissertation; Helmholtz wird sie ein Ausgangspunkt für die Trennung der gesammten Energie in freie und gebundene.

In dieser Anlage Helmholtz', stets an das thatsächliche anzuknüpfen, liegt auch der Grund, warum er keine Hypothesen über die Natur der Atome, des Magnetismus und der Elektrizität aufgestellt hat, nicht als ob er diese Hypothesen verachtete und nicht benutzte, im Gegenteil, wo es irgend zweckmässig erscheint, erweitert und vertieft er sie; darin gleicht er weit mehr Clausius und Maxwell als Kirchhoff.

Ruhen doch gerade eine Anzahl von Helmholtz' neueren Arbeiten auf den Faraday-Maxwell'schen Anschauungen von dem Wesen des Lichtes und der Elektrizität und den von Clausius und Krönig entwickelten Anschauungen über das Wesen der Gase. In seinen theoretischen Untersuchungen benutzt Helmholtz die schwierigsten Hülfsmittel der Mathematik, aber stets ist ihm das Reale die Hauptsache, das Formale die Nebensache.

Helmholtz' Arbeit spinnt sich wenig am Schreibtische ab; seine Arbeitszeit ist kurz, seine Ruhezeit sehr lang. Nach dem Abendessen arbeitet er nie, da liest er Reiseerzählungen und ähnliches. Morgens früh kommen ihm die besten Gedanken, auf Spaziergängen spinnt er sie weiter aus; für seine Begleitung ist er dann ein wenig unterhaltender Gesellschafter; steigt er in den Bergen umher, so muss er sich besonders schwierige Wege ausersehen die ganz seine Aufmerksamkeit fesseln, um nicht zu simulieren. Sonst muss er bei jeder Gelegenheit arbeiten und denken.

Jeder Eindruck, jede Beobachtung löst ihm Gedankenreihen aus, und überall sucht er auch Beobachtungen zu sammeln, um daran Schlüsse anzuknüpfen. An der Riviera lässt er sich am Cap von Antibes nieder und studiert die Wellenzüge. Der Wind, der sich längs der Wasserfläche hinbewegt, überträgt auf diese einen Teil der Energie und es entstehen stehende Welleu; ebenso aber auch zwischen zwei Schichten in der Luft von verschiedener Geschwindigkeit, und sein Auge, das am bewölkten Himmel entlang gleitet, sieht in den Schäfchen, die reihenweise nebeneinander geordnet sind, die Zeichen solcher Wellen. Damit ist der Meteorologie ein neuer Gesichtspunkt eröffnet, der von grosser Bedeutung geworden ist. Hört er Musik, so folgt er auf der einen Seite den Tonreihen des grossen Musiker, zugleich löst aber sein in seltenem Grade geschultes Ohr dieselben in ihre Einzelglieder auf. In Gemäldegalerien studiert er sorgfältiger als andere die Bilder und während diese sich in Begeisterung für dieselben hypnotisieren, empfindet er voll und ganz ihre Schönheit, zugleich sucht und findet er die Gründe für dieselbe.

Helmholtz hat aber nicht allein selbständig Grosses geschaffen, sondern auch die Arbeiten Anderer auf das emsigste durchstudiert und einheitlich verarbeitet; den Fortschritten der Wissenschaft folgt er stets mit grösster Aufmerksamkeit. Durch seine Art des Lesens wird ihm das sehr erleichtert, er liest den Anfang und das Ende, stimmt es zusammen, so ist er zufrieden, stimmt es nicht, so sucht er den Fehler; es erinnert das an eine gute Regel von Kirchhoff, die er mir einmal gab, „verstehe ich eine Abhandlung nicht, so lese ich den Anfang und das Ende und mache mir die Zwischenglieder selber.“

Der direkte Einfluss des Vortrages von Helmholtz auf die grosse Zahl der Studierenden ist ein beschränkter gewesen; sein Vortrag ist für sie zu hoch; er sieht die Schwierigkeiten nicht, die ihnen ein Problem fast unlösbar erscheinen lassen, weil er sie spielend überwindet. Für Fortgeschrittenere waren aber stets seine Vorlesungen von grosser Anregung. Da, wo er sich Zeit gelassen hat, und lassen konnte, Vorträge oder Werke vollkommen auszuarbeiten, da entstehen Meisterwerke der Darstellung und des Stiles, Werke in denen Form und Inhalt einander vollkommen entsprechen, so in seinen öffentlichen Vorlesungen, in seinen Tonempfindungen, in seiner physiologischen Optik.

Alle unsere Naturforscher sind mehr oder weniger seine Schüler, alle bauen auf einer Basis weiter, die er gelegt, und helfen das Haus eindecken, dessen Säulen er hoch hinaufgeführt, aber keiner mit Ausnahme von Hertz auf elektrischem Gebiete kann sagen, dass er im gewöhnlichen Sinne des Wortes sein Schüler gewesen. Selbstverständlich sind unter seiner Leitung viele Arbeiten gemacht, aber der späteren Entwicklung wol nur sehr weniger Forscher hat er seinen Stempel aufgedrückt, wie dies bei Neumann in Königsberg in so hohem Masse der Fall war; er hat nie ein Seminar geleitet: seine und der anderen Art zu denken sind eben inkommensurabel. Das macht sich auch bei vielen der Arbeiten geltend; oft schreitet die Entwickelung sprungweise fort, Helmholtz war sich der fehlenden Zwischenglieder gar nicht bewusst. In einem Satze spricht er Ausgangspunkt und Resultat langer Denkreihen aus und überlässt es den Lesern die Zwischenglieder einzufügen. Dass aus Maxwell's elektromagnetischer Lichttheorie die Gesetze der Brechung und Reflexion des Lichtes in jeder Hinsicht folgen, sieht er intuitiv und Lorentz beweist in einer umfangreichen Schrift, dass Helmholtz' Schlüsse richtig sind.

Helmholtz' geistige Arbeit ist in einer Reihe von Abhandlungen, seinen Werken über die Lehre von den Tonempfindungen und seiner physiologischen Optik und nicht zum wenigsten in seinen populären Vorträgen niedergelegt. Gestatten Sie mir, Ihnen einiges daraus mitzuteilen.

Die bedeutendste und weitgreifendste Arbeit von Helmholtz trägt den Titel „Ueber die Erhaltung der Kraft"; sie erschien 1847. Wir würden jetzt sagen, „über die Erhaltung der Energie. und des Arbeitvorrates", denn das ist was Helmholtz unter Kraft versteht. Das Ergebnis der Abhandlung fasst sich zusammen in dem Satze: Die Energie des Weltalls ist eine Konstante, oder mit anderen Worten, wenn Energie einer Form verschwindet, so entsteht eine genau gleiche Menge Energie einer anderen Form. Schon früher war dieser Satz für die Wechselbeziehungen zwischen Wärme und Arbeit ausgesprochen und zwar von Joule und Colding und wie wir jetzt aus den nachgelassenen Papieren von Sadi Carnot wissen, hatte auch er, der ursprünglich ein Anhänger der Materialität der Wärme war, sich später zu der Ansicht bekannt, dass die Wärme eine Form der Bewegung sei, und das mechanische Wärmeäquivalent berechnet. In allgemeiner Weise war er von

R. Mayer ausgesprochen worden. Den Satz für die Aequivalenz von lebendiger Kraft und Arbeit in der Mechanik, von Wärme und Arbeit in der Wärmelehre hat nun Helmholtz unter ein ganz allgemeines Prinzip als Spezialfälle untergeordnet und an der Hand der Thatsachen gezeigt, dass, mag die Energie in mechanischen, thermischen, elektrischen, magnetischen, optischen Phänomenen ihren Grund haben, sie nur in aequivalenter Menge umgewandelt werden kann. Später ist Helmholtz wohl vorgeworfen worden, er habe den Verdiensten anderer, vor allem Robert Mayers nicht genügend Rechnung getragen; er kannte aber die Arbeit des Heilbronner Arztes nicht, sie war in Liebigs Annalen veröffentlicht, einem Journal, in dem man solche Arbeiten nicht suchte, Jahresberichte u. dergl. gab es zur damaligen Zeit nicht, aber selbst wenn Helmholtz die Arbeit gekannt hätte, so wäre sein Ruhm, das Prinzip der Erhaltung der Energie aufgestellt zu haben, dadurch in Nichts geschmälert; die Höhe der Auffassung ist bei Helmholtz eine ganz andere und die Art der Begründung eine viel sicherere. Nachdem Helmholtz die Arbeit Robert Mayers kennen gelernt, hat er rückhaltslos dessen Leistungen anerkannt und ist stets für die Priorität desselben eingetreten und hat sie besonders auch englischen Ansprüchen gegenüber vertheidigt.

Uns Jüngere berührt es wunderbar, wenn wir hören, dass Helmholtz' Schrift von der Erhaltung der Kraft, ebenso wie die Mayer'sche Schrift von Poggendorff, dem Redakteur des hauptsächlichsten physikalischen Journales zurückgewiesen wurde und dass sie auch in den Kreisen der Berliner Akademie, der doch bedeutende Physiker angehörten, keinen Anklang fand. Eine Ausnahme machte Jacobi, dem diese Untersuchungsreihen besonders nahe lagen; er hat ja selbst wesentlich an dem Ausbau der Mechanik mitgewirkt. Die älteren Physiker, wie Magnus, Dove, Poggendorff gehörten ganz der experimentellen Richtung an und wollten von der mathematischen Behandlung nicht allzuviel wissen, oder betrachteten doch die mathematische Physik als ein Gebiet vollkommen für sich. Sagte doch zu derselben Zeit Magnus zu manchem seiner Schüler, Clausius müsse sich entscheiden, ob er experimenteller oder mathematischer Physiker werden wolle. Eine Vereinigung von experimenteller und mathematischer Richtung, bei der aber das Hauptgewicht auf letzterer lag, finden wir in Königsberg bei Neumann, dessen Schule ihre höchste Blüthe in

Kirchhoff gezeitigt und in Göttingen, wo Gauss und W. Weber zusammenarbeiteten. In Berlin war es die junge Generation, die sich eingehend mit mathematischen Studien beschäftigte und daher auch befähigt war Helmholtz' grosses Resultat zu erfassen. Vor allem ist es wohl Clausius gewesen, der die ganze Bedeutung übersah und sehr bald die schönsten Resultate erzielte, als er angeregt durch ein Referat in Magnus Colloquium, Helmholtz' Resultat mit dem Carnot'schen Kreisprozess in Verbindung brachte und in schneller Folge den beiden Hauptsätzen der mechanischen Wärmetheorie die Gestalt gab, in der wir dieselbe noch heute benutzen.

Das Prinzip von der Erhaltung der Energie ist in gewissem Sinne ein beschränkendes und sagt uns nur über die quantitativen Verhältnisse etwas aus, die bei Umsetzungen walten müssen. Dagegen gibt es uns noch keine Bestimmung darüber, in welchem Sinne die Verwandlung erfolgen muss, ob Arbeit unbegrenzt in Energie der Wärme und letztere unbegrenzt in Arbeit verwandelbar ist, wie sich dasselbe bei der Elektrizität, bei dem Lichte u. s. w. gestaltet; eine solche Bestimmung erhalten wir erst durch teils von Helmholtz selbst, teils von anderen weiter geführte Untersuchungen, die in seiner Unterscheidung zwischen freier und gebundener Energie ihren Abschluss finden; aus ihnen erfahren wir z. Bsp. einen wie grossen Teil der Wärme, die in einem galvanischen Element bei chemischen Prozessen entwickelt wird, sich als Stromesarbeit wiederfindet, eine Frage von eminent praktischer und theoretischer Bedeutung. Die Energieformen ordnen sich nach diesen Betrachtungen in verschiedene Rangstufen, je nachdem sie mehr oder weniger vollkommen in mechanische Arbeit verwandelbar sind.

Helmholtz hat auch später noch die einzelnen mechanischen Sätze auf allgemeine Prinzipien zurückgeführt. So zeigte er für alle umkehrbaren Naturprozesse, also diejenigen, welche ebensogut vor wie rückwärts durchlaufen werden können, dass das allgemeinste Gesetz, welches sie regelt, das Prinzip der kleinsten Wirkung ist. Ein umkehrbarer Prozess ist z. B. der in vielen Elementen sich abspielende, die in Folge der chemischen Prozesse in ihnen einen Strom liefern, während wenn der Strom in entgegengesetztem Sinne durch sie hindurch geschickt wird, ein chemischer Prozess auftritt, der dem ursprünglichen gerade ent-

gegengesetzt ist. Einen anderen umkehrbaren Prozess haben wir beim Erhitzen von Jodwasserstoffsäure; bei hohen Temperaturen entsteht Jod und Wasserstoff, beim Abkühlen bildet Jodwasserstoff sich zurück. Für nicht umkehrbare Prozesse, so für die meisten chemischen Prozesse, gelangt Helmholtz zu der Ansicht, dass es nur in unseren mangelnden Hilfsmitteln liege, sie zu umkehrbaren zu machen, da wir nicht alle durch den ersten Prozess erzeugten Verschiebungen und Bewegungen umkehren können. Wäre uns eine vollkommene Umkehrung aller Prozesse in einem gegebenen Momente möglich, so müsste die Weltentwickelung entgegengesetzt durchlaufen werden.

In neuerer Zeit hat dann Helmholtz noch mehrere namentlich für die mechanische Wärmetheorie wichtige Arbeiten über monocyklische Systeme verfasst, die in der Hand von Boltzmann zu folgenschweren Ergebnissen führten.

Die bisher besprochenen Untersuchungen waren ganz allgemeiner Natur, ihre Konsequenzen müssen für alle Gebiete der Naturforschung in gleicher Weise gelten; anwendbar sind sie in um so höherem Grade, je mehr wir einen Einblick in die den Erscheinungen zu grunde liegenden mechanischen Vorgänge erhalten.

Ich möchte jetzt eine Reihe von spezielleren Arbeiten besprechen.

Von den mannigfachsten Seiten war schon seit Jahrhunderten die Bewegung der Flüssigkeiten und Gase behandelt worden; dabei waren aber, ihrer Schwierigkeit wegen, sorgfältig alle die Fälle ausgeschlossen worden, bei denen innerhalb eines kleinen Raumes rotierende Bewegungen, Wirbelbewegungen auftreten. In einer einzigen Abhandlung von mässigen Umfang legt Helmholtz dar, wie auch diese Probleme mathematisch behandelt werden können. Er gelangt dabei zum Begriff des Wirbelfadens; dies sind beliebig gewundene Teile der Flüssigkeit, in denen um eine Axe eine Rotation stattfindet. Vereinen sich die beiden Enden eines Wirbelfadens, so erhält man einen Wirbelring. Solche Wirbelfäden und Wirbelringe müssen bei gewissen Voraussetzungen über die Natur der Umgebung unveränderlich dieselbe Menge Flüssigkeit enthalten und sind unzerstörbar. Nähern sich zwei Wirbelringe, so ziehen sie sich gegenseitig an, oder stossen sich ab je nach der Art der Bewegung. Ueber einen solchen Wirbel-

ring können Schwingungen hingleiten, man kann sie ineinander schlingen, aber nur eine begrenzte durch die Struktur derselben bedingte Anzahl. Sie besitzen also Eigenschaften, wie wir sie bei den Atomen annehmen. In der That haben manche Forscher an Helmholtz anknüpfend, die Atome als Wirbelringe aufgefasst.

Mit diesen Arbeiten in mehr oder weniger engem Zusammenhang stehen Helmholtz' Untersuchungen über die Winde; die Bewegung von Luftballons, die Art der Luftbewegung in Pfeifen u. a. m.

In sehr vielen Untersuchungen beschäftigt sich Helmholtz mit elektrischen Fragen; die fundamentalsten dürften diejenigen sein, in denen er die verschiedenen Gesetze über die Wechselwirkung zweier Stromelemente einer genauen Diskussion unterwirft. Auf der einen Seite stand das von Weber aufgestellte Gesetz; er ging von der Anschauung einer Fernewirkung aus und fasste das Coulomb'sche Gesetz für die statische Elektrizität, das Ampère'sche für die Anziehung und Abstossung von Strömen, das Neumann'sche für die Induktion in einer einzigen Gleichung zusammen, die ausser den Abständen der wirkenden Teile noch ihre Geschwindigkeiten und ihre Beschleunigungen enthielt; sein Gesetz setzt ausserdem die Existenz zweier Elektrizitäten voraus. Auf der anderen Seite stand die Anschauung Maxwell's, der anknüpfend an Faraday die Fernewirkung durch die Wirkung eines Zwischenmediums ersetzte. Helmholtz behandelte zunächst Weber's Ansicht und gelangte zu dem Resultat, dass sie zu Konsequenzen führt, die mit den Thatsachen in Widerspruch stehen. Dagegen ergab sich für die Maxwell'sche Theorie eine vollständige Uebereinstimmung mit den Beobachtungen. Hieran hat sich eine lange Polemik geknüpft, die von Helmholtz' Gegnern oft sehr scharf, von ihm selbst aber in ruhiger Weise geführt wurde; in der Polemik machte sich auch ein etwas übertriebenes Nationalgefühl geltend. Helmholtz selbst hat, was ich noch besonders betonen möchte, die grosse Bedeutung des Weberschen Gesetzes hervorgehoben und nichts hat ihm ferner gelegen, als dem Entdecker desselben nicht volle Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Das Endresultat der Polemik war, dass Maxwells Anschauung siegreich blieb, und jetzt fast allein noch benutzt wird. Helmholtz versuchte selbst die experimentelle Hauptentscheidung zu fällen und zu zeigen, dass elektrische Störungen eine endliche

Zeit brauchen, um sich fortzupflanzen. Dies gelang aber erst Hertz, der in den von Kirchhoff und Sir W. Thomson genauer diskutierten elektrischen Schwingungen ein Hilfsmittel dazu fand.

Wir verlassen jetzt die spezifisch physikalischen Arbeiten von Helmholtz und wollen noch einen Blick auf seine Tonempfindungen und seine physiologische Optik werfen.

In seiner physiologischen Optik und seiner Lehre von den Tonempfindungen sowie einer Reihe von öffentlichen Vorlesungen sind die Ergebnisse der Forschungen zusammengefasst, in denen er sich die Aufgabe stellt, zu untersuchen, in welcher Weise wir durch Auge und Ohr eine Kenntnis der uns umgebenden Aussenwelt erhalten, wie wir diese Eindrücke zu Vorstellungen über die Aussenwelt verarbeiten und wie mit denselben unser ästhetisches Empfinden zusammenhängt.

Zum Verständnis der physiologisch-optischen Erscheinungen, war es zunächst nöthig, das Organ, durch das wir die Eindrücke aufnehmen, genauer zu studieren. Dazu hat Helmholtz eine ganze Reihe von Instrumenten ersonnen, vor allem den Augenspiegel, dessen Erfindung er selbst in wissenschaftlicher Beziehung selbst eine nur untergeordnete Bedeutung beilegt. Nachdem er mit dem Augenspiegel und anderen Hilfsmitteln den Bau des Auges, als eines optischen Instrumentes genauer erforscht und die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Teile, die es zusammensetzen, bestimmt hatte, war eine sichere Basis auch für das grosse Gebiet der Ophthalmologie gelegt. Aber nicht nur die Umrisse der Netzhautbilder der äusseren Gegenstände sind die Zeichen von ihrer Existenz, welche wir im Auge erhalten, sondern sie sind auch mannigfaltig gefärbt. Anknüpfend an eine von Th. Young aufgestellte Ansicht entwickelte dann Helmholtz die nach beiden Forschern benannte Theorie; nach ihr enthält die Retina 3 Arten von Nerven, rothempfindliche, grünempfindliche und endlich solche, die das blau oder violett wahrnehmen. Dadurch kann er die gesammten Farbenwahrnehmungen, so weit sie zu seiner Zeit bekannt waren, erklären. Auf Helmholtz Forschungen weiter bauend, haben dann andere Gelehrte teils seine Ansichten ergänzt und berichtigt, teils auch abweichende Hypothesen aufgestellt.

Bei diesen Untersuchungen wurde Helmholtz auch zu der Frage geführt, welchen Realitäten die Zeichen entsprechen, welche wir mit unserem Auge und unserem Tastsinn erhalten. Er schliesst

sich im Prinzip Kant darin an, dass die Raumauffassung eine uns Menschen a priori gegebene, für uns notwendige, also nach Kant transcendentale Form der Anschauung sei, aber gleichzeitig betont er, dass der Raum nicht etwa die Eigenschaften zu haben braucht wie sie in den Axiomen des Euklid ausgesprochen sind, so z. B. dass die Winkel eines Dreiecks zusammen 180° betragen. Bei der Weiterführung dieser Ideen entstehen die wundervollen Arbeiten über die Axiome der Geometrie, unsere Raumanschauung; durch diese Arbeiten werden der Mathematik neue Gebiete erobert, andererseits unsere Raumvorstellungen wesentlich geklärt. Manche dieser Untersuchungen berühren sich mit solchen von Riemann und anderen.

Dass Helmholtz' Tonempfindungen bahnbrechend gewirkt haben, ist allbekannt. Von den Beobachtungen aufsteigend, gelangt er zu der Lehre von der Konsonanz, die aber nach ihm nicht die wesentliche Grundlage der Theorie der Musik ausmacht; die wesentliche Basis der Musik ist die Melodie; eine Musik ohne Harmonie ist wohl möglich, sie findet sich noch jetzt bei vielen aussereuropäischen Völkern; eine Musik ohne Melodie ist undenkbar; die Harmonie dient nur zur Verstärkung der Melodie. Wie lang war aber der Weg bis zu dieser allgemeinen musikalischen Anschauung; während ihn Helmholtz durchwandert, bereichert er unsere Wissenschaft mit vielen Thatsachen und neuen Erkenntnissen; er studiert die Bewegung in Pfeifen und von Saiten, die Zusammensetzung von Klängen, die Kombinationstöne. Er untersucht die Bildung der Vokale. Hatte hier auch Grassmann, dessen Arbeiten Helmholtz unbekannt geblieben waren, schon viele Resultate gewonnen, und sind an manchen Stellen von späteren Forschern Ergänzungen und Verbesserungen angebracht worden, die Bahn hat Helmholtz doch gebrochen.

In den zuletzt besprochenen Arbeiten hatte Helmholtz vielfach Gelegenheit auf das psychologische und ästhetische Gebiet überzugreifen; in einzelnen der Arbeiten stellte er sich dies sogar geradezu zur Aufgabe. Dadurch wurden die Grenzen zwischen Physiologie und Psychologie schärfer abgesteckt und immer mehr nach dem Gebiete der Psychologie vorgeschoben. Von immer neuen und neuen Gebieten ergab sich, dass sie der Physiologie angehörten. Darauf haben dann Wundt und seine Schüler weiter gebaut. Natürlich wollte Helmholtz bei seinen ästhetischen Be-

trachtungen nicht, was oft missverstanden worden ist, lehren, wie Gemälde zu malen, wie Tonwerke zu componiren sind. Er entwickelt aus Beobachtungen an vorhandenen Werken die Gesetze des Schönen und prüft sie als Naturforscher. Wie schon lang für die Architektur erkannt war, dass nur der Bau uns schön erscheint, der den statischen Gesetzen gehorcht, so findet Helmholtz ähnliche Gesetze in den verwickelteren Gebieten des Tones und des Lichtes. Damit ist der Aesthetik, soweit sie sich nicht auf volltönende Phrasen beschränkt, die sichere der Prüfung zugängliche Grundlage gegeben; Physiologie und Psychologie geben die conditio sine qua non. des Schönen; der Künstler genügt ihr unbewusst und schafft das Schöne. Helmholtz hat dabei aber nie vergessen, dass zu dem naturwissenschaftlichen Moment auch das rein psychische hinzutreten muss. Er selbst hat an mehreren Stellen seinem Empfinden über Kunstwerke in der schönsten und erhabensten Weise Ausdruck gegeben.

Ich habe versucht Ihnen einen Ueberblick über Helmholtz' wissenschaftliche Arbeit zu verschaffen, viele wichtige Arbeiten habe ich freilich nicht einmal genannt und was ist doch alles an uns vorüber gegangen. Unglaublich klingt, dass ein Mann all diese Gebiete beherrscht und überall grundlegendes geschaffen hat. Historiker späterer Zeiten werden unter dem einen Helmholtz eine ganze Reihe von Gelehrten gleichen Namens vermuten. Ist trotzdem sein Name in weiten Kreisen weniger bekannt, wie der manches anderen, so liegt dies einmal darin, dass er nie in den Kampf der Parteien eingetreten und dann darin, dass seine Forschungen nicht so direkt wie etwa diejenigen eines Darwin mit ethischen und religiösen Anschauungen in Konflikt geriethen, trotzdem sein Prinzip von der Erhaltung der Energie für die ganze Weltanschauung von weittragendster Bedeutung ist.

Hoffen wir, dass Helmholtz noch recht lange in seiner geistigen Frische, die in seinem 70. Jahre noch gerade so gross ist, wie in seinen früheren Tagen, den Seinen und der Wissenschaft erhalten bleibe.

Werner von Siemens.

Gedächtnisrede.

Gehalten von E. Wiedemann.

Vor etwa einem Jahre durfte ich Ihnen eine Schilderung des Lebens und Wirkens unseres grössten Naturforschers, Hermann von Helmholtz, entwerfen, heute liegt mir die traurige Pflicht ob, Ihnen das Bild eines anderen grossen, eben dahin geschiedenen Mannes, Werner von Siemens, zu zeichnen.

Werner von Siemens ist eine Gestalt, die uns an die Männer der Zeit der Renaissance erinnert, an die Zeiten, wo jeder hervorragende Mann auch ein ganzer Mensch, nicht ein Spezialist war. Welche Fülle von Thätigkeiten vereinigt nicht Siemens in sich. Er ist aktiver Offizier, ein energischer Stratege, der voll Begeisterung seinem Berufe lebt, so lange er darin selbstständig schaffen kann; er ist hervorragender Gelehrter und gehört zu den allerbedeutendsten, die die Resultate der Wissenschaft praktisch zu verwerten verstehen. Auch dem öffentlichen politischen Leben steht Siemens nicht ferne, ja er spielt eine Zeit lang in demselben eine hervorragende Rolle. Er ist Mitglied des Landtages; wenn er auch nicht im Parlamente selbst als Redner hervortritt, so übt seine bedeutende, zielbewusste Persönlichkeit in den Kommissionen einen grossen Einfluss. Der Name Fortschrittspartei rührt von ihm her. Aber als Mann des realen Lebens, als Naturforscher sieht er nicht das Heil des Volkes in dem starren Festhalten an construirten Prinzipien. Er wirkt überall mässigend, nach den Erfolgen des Krieges 1866 tritt er für die Bewilligung der Indemnität für die Regierung ein, im Gegensatz zu seinen mehr links stehenden, den prinzipiellen Standpunkt verfechtenden Parteigenossen wie z. Bsp. Waldeck; so hat er dazu beigetragen, dass unserem deutschen Volke schwere Konflikte erspart wurden. In vielen Fragen des Handels, der

Industrie ist sein Einfluss massgebend gewesen, ihm verdanken wir, dass wir eine deutsche Patentgesetzgebung haben. Siemens war einer der ersten, die dafür eintraten, dass deutsche Fabrikate als deutsche und nicht als englische oder französische ebensowohl auf den einheimischen, wie auf den fremden Markt kamen; auf seine Anregung hin sind die Professuren für die neue technische Wissenschaft der Elektrotechnik gegründet, deren Aufschwung er selbst so mächtig auch als einer der Stifter des elektrotechnischen Vereins gefördert hat.

Das Leben und den Entwicklungsgang von Siemens zu schildern, ist uns dadurch wesentlich erleichtert, dass er selbst uns in den Lebenserinnerungen ein Bild seines Lebens gezeichnet hat, so unparteiisch, so einfach, so richtig, wie es kein Anderer hätte thun können. Bei so vielen Autobiographien verliert man nie das Gefühl, dass der Verfasser während des Schreibens seine frühern Empfindungen analysiert und weiter spinnt, von sich selbst ein Bild entwirft, nicht wie es war, sondern wie es nach seinen Ansichten hätte sein können oder sollen. Motive kompliziertester Art, wie sie wohl selten im Moment eine That bestimmen, werden zur Erklärung derselben herbeigezogen, kurz Wahrheit und Dichtung gemischt, um ein litterarisches Kunstwerk zu schaffen. Ganz anders bei den Lebenserinnerungen von Siemens, überall sind die äusseren und inneren Verhältnisse, wie sie waren, geschildert, die Schwierigkeiten die sich seiner Entwicklung entgegenstellten und auch kleine Schwächen nicht verschwiegen. Der ganze Stil des Buches spiegelt den einfachen Charakter von Siemens wieder und diejenigen, die Siemens persönlich gekannt, glauben ihn in dem Buch sprechen zu hören.

Ernst Werner Siemens wurde im Jahre 1816 am 13. Dez. zu Lenthe bei Hannover als Sohn eines Landwirtes geboren. Seine erste Erziehung erhielt er im väterlichen Hause durch Hauslehrer, von denen er besonders dem einen, dem Kandidaten der Theologie, Sponholtz, ein äusserst dankbares Gedächtnis bewahrte. Später kam er nach Lübeck auf das Gymnasium und trat dann 1834 als Freiwilliger in die Artillerie, um Offizier zu werden. Als solcher machte er den schleswig-holsteinischen Feldzug mit und hat dort durch die Verteidigung der Kieler Föhrde durch Seeminen, die er zuerst anwandte, sich auch militärischen Ruhm erworben. Aus

dem Militärdienste trat er im Jahre 1849 aus und gründete mit Halske die Telegraphenbauanstalt „Siemens und Halske“, die sich mit der Zeit zu einer der grössten elektrotechnischen Anstalten entwickelte. Auf seine technische Thätigkeit als Leiter derselben werden wir später zu sprechen kommen. Zahlreiche Reisen lehrten ihn Menschen und Verhältnisse kennen und mit immer unbefangenerem Blicke betrachten. Von Kaiser Friedrich wurde Siemens der erbliche Adel verliehen, er heisst von da Werner von Siemens! Er war zweimal mit ihm durch Verwandtschaft nahestehenden Frauen vermählt, eine reiche Kinderschar verschönte sein Leben. Zwei seiner Söhne Arnold und Wilhelm, von denen er mit berechtigtem Vaterstolze spricht, haben das Geschäft übernommen; der erste ist mit einer Tochter von Helmholtz verheirathet. Mit seinen zahlreichen Geschwistern haben Siemens während seines ganzen Lebens die innigsten Beziehungen verbunden; für die Erziehung seiner Brüder hat er z. Thl. gesorgt, seinen Bruder Wilhelm selbst zu der glänzenden technischen Laufbahn, die er später eingeschlagen, vorgebildet. Wenn das Haus Siemens, oder besser die Häuser Siemens in den Brüdern Werner, Wilhelm, Karl, Friedrich auf den mannigfachsten Gebieten der Technik eine Herrscherstelle einnahmen und auch noch nach dem Dahinscheiden der ersten beiden einnehmen, so verdanken sie dies nicht zum mindesten dem ältesten unter ihnen.

Am 6. Dez. 1892 beschloss Siemens, 76 Jahre alt, sein thatenreiches Leben.

Nur einige Züge aus dem Charakter des Dahingegangenen möchte ich der knappen Schilderung seines Lebenslaufes beifügen. Seine vornehme Gesinnung tritt uns am deutlichsten in dem Ausspruch entgegen, dass er nie ein Unternehmen ins Werk gesetzt habe, blos um sich zu bereichern, stets habe er dabei das allgemeine Wohl im Sinne gehabt. In der That, betrachten wir die unzähligen Schöpfungen des Hauses Siemens, stets haben sie weiten Kreisen Segen gebracht und gerade deshalb weil sie weitverbreiteten Bedürfnissen entgegenkamen, ihrem Schöpfer auch Reichtümer zugetragen. Ein Hauptzug seines Wesens, der auch in seinem Aeusseren sich manchmal zeigte, war eine Neigung zum träumerischen Sinnen. Diese Neigung beeinflusste aber die Anlage seiner Pläne nur insoweit, als sie ihn die Ziele höher und idealer stecken liess, als bei einer

nüchternen Ueberlegung der Fall gewesen wäre; im Laufe der Entwicklung wusste er stets den realen Verhältnissen vollauf Rechnung zu tragen; er scheute sich auch nie, wenn ihn sein idealer Sinn zu weit fortgerissen, dies später einzugestehen und die von ihm angeregte Bewegung wieder in die richtigen Bahnen zu leiten.

Im geraden Gegensatz zu dieser mehr idealen Anlage steht seine Begabung zu organisieren. Die grossen Erfolge seines Geschäftes verdankt er natürlich auch seinen Mitarbeitern, Halske, Hefner von Alteneck, Frischen, Frölich u. a., dass er aber stets die richtigen Männer fand, sie an die richtige Stelle setzte, ihnen auch in Fällen, wo nur rein wissenschaftliche Fragen in Betracht kamen, Förderung gewährte und dass er neidlos ihre Verdienste anerkannte, spricht fast mehr als alles andere für seine Grösse. Sein organisatorisches Talent zeigt sich auch in der ebenso grossherzigen wie klugen Art, wie er durch Ordnung der Pensionsverhältnisse es versteht, seine Arbeiter an sich zu ketten, so dass seine Anstalten von Ausständen verschont geblieben sind.

Ein Grundzug in Siemens Wesen ist seine Bescheidenheit, gepaart mit dem richtigen Selbstgefühl. Bitter empfindet er es, wenn seine Entdeckungen von Engländern als die Ihrigen ausgegeben werden und diesen dann womöglich auch in Deutschland die Priorität zuerkannt wird. An den deutschen Arbeiten rühmt er dagegen ihre Unparteilichkeit. Möchte doch, wie er in der Industrie dahin gewirkt, dass das nationale Gefühl sich hob, auch hier sein mahnendes Wort wirken und mögen wir in Deutschland, wie man es in England leider auch zuweilen ohne Rücksicht auf Andere, thut, bei aller Gerechtigkeit gegen das Ausland die Leistungen der Forscher der eigenen Nation gegenüber denen anderer hochhalten und nicht die der anderen auf Kosten der eignen verherrlichen.

Wenden wir uns nun zu Siemens technischen und wissenschaftlichen Leistungen.

Siemens ist einer der Schöpfer eines neuen Gebietes der Technik, er hat uns gelehrt die Elektrizität den Zwecken des Menschen dienstbar zu machen. Um den ganz wesentlich durch sein Eingreifen bedingten Aufschwung der Elektrotechnik zu verstehen, müssen wir ein Paar Augenblicke bei der Entwicklung der An-

wendungen der Elektrizität verweilen, deren Schnelligkeit für den Fernerstehenden etwas ganz überraschendes besitzt.

Die Technik im Grossen konnte erst dann einen Aufschwung nehmen, als es gelang, sich häufig gleichmässig wiederholende Arbeiten von Menschen oder Thieren durch Maschinen zu ersetzen, die selbst wieder von Motoren betrieben wurden, deren Anwendung aber nicht wie die der Mühlräder und Windmühlen an bestimmte Orte gebunden war. Dies ist bei den Dampfmaschinen und den elektrischen Motoren der Fall. Die ersten Dampfmaschinen von Papin stammen aus dem Ende des 17. Jahrhunderts, die erste wirklich, wenn auch nur für ganz begrenzte Zwecke verwendbare aus dem Jahre 1705 von Newcomen und Cowley, die ersten für den Betrieb im Grossen brauchbaren aus dem Ende des 18. Jahrhunderts; fast 100 Jahre hatte es also gedauert, bis die Dampfmaschinen so weit entwickelt waren. Ganz anders ist es bei elektrischen Maschinen; nur wenige Jahre nach der Aufstellung des Ohm'schen Gesetzes, nach der Entdeckung des Elektromagnetismus wurden die ersten Telegraphenlinien konstruiert, nicht viele Jahrzehnte verstrichen, ehe die ersten Dynamomaschinen ihre Energie in den Bogenlampen in Licht umsetzten.

Als die ersten Dampfmaschinen konstruiert wurden, hatte man eben gelernt die Temperaturen auf ein bestimmtes Maass zurückzuführen, Wärmemengen wurden erst viel später gemessen, auch die Vorstellungen über die Arbeit waren noch sehr verschwommen. Erst durch Watt wurde hierin Wandel geschaffen und viele Untersuchungen über die Wärme wurden zu dem Zwecke unternommen, sichere Unterlagen für eine Theorie der Dampfmaschinen zu gewinnen. Ich erinnere nur an die klassischen Arbeiten von Magnus und Regnault. Die Technik musste also erst selbst die theoretischen Grundlagen erobern oder von der Physik erobern lassen, auf denen sie ihre Konstruktionen begründete. Zugleich vertieften sich die Anschauungen über das Wesen der Arbeit und der Wärme; es bereitete sich die Erkenntnis von der Aequivalenz der einzelnen Arbeitsvorgänge vor, eine Einsicht, die in den Untersuchungen von Robert Mayer, Coldrige, Joule für spezielle Fälle ihren scharfen Ausdruck fand, bis sie in der Mitte unseres Jahrhunderts von Helmholtz für alle Naturerscheinungen in dem Prinzip von der Erhaltung der Energie zusammengefasst wurde. Zugleich wurde der

zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, der bald auch auf andern Gebieten eine weitgehende Anwendung finden sollte, aufgestellt. Mit den theoretischen Fortschritten gingen Hand in Hand die Fortschritte in der Konstruktion von Maschinen überhaupt, die Kenntnis der günstigsten Verbindungen der einzelnen Teile, die Sammlung von Erfahrungen über die Eigenschaften der Materialien, aus denen sie sich aufbauen. So sehen wir im Laufe von einundeinhalb Jahrhunderten in den Anwendungen der Wärme die rein theoretischen Betrachtungen und die Praxis neben einander fortschreiten und sich gegenseitig anregen; aber erst von 1850 an etwa ist es möglich eine einigermassen strenge Theorie für den Bau der Dampfmaschinen aufzustellen. Ein jeder der sich mit technischen Problemen beschäftigen wollte und noch will, musste auf dem Gebiet der Wärme seine Schule durchmachen und zunächst auf den hier gebahnten Wegen seine Kräfte prüfen. In der That hat auch W. Siemens sich viel mit Heissluftmaschinen beschäftigt und einen Differentialregulator zusammen mit seinem Bruder Wilhelm konstruiert.

Ganz anders lagen die Verhältnisse, als man anfing die Elektrizität nutzbar zu machen. Man fand dabei die Ergebnisse der Maschinenbaukunde schon fertig vor. Erst in neuester Zeit stellt die Elektrotechnik selbst dem Erbauer von Dampfmaschinen neue Probleme. Die allgemeinen mechanischen Prinzipien waren in Fleisch und Blut übergegangen. Aber auch die theoretischen Fragen waren wenigstens in ihren Grundzügen für die meisten Theile der Elektrizitätslehre in prinzipieller Hinsicht gelöst und die einzelnen Grössen gemessen, die den quantitativen Verlauf bedingen, wenigstens in solcher Annäherung wie es für die technische Verwertung erforderlich war.

Dadurch dass Siemens schon als Lieutenant sich in seinen Musestunden mit technischen Fragen beschäftigte und sich auch physikalisch wie mathematisch vorzüglich vorgebildet hatte, konnte er einer der Hauptbegründer der Elektrotechnik werden.

Sehen wir von dem ersten chemischen Telegraphen von Sömmering, dem elektromagnetischen Telegraphen von Gauss und Weber, dem Zeigertelegraphen von Wheatstone ab, so waren die Anwendungen der Elektrizität bis zum Jahr 1840, in das die ersten Arbeiten von Siemens fallen, kaum nennenswerth.

Die ersten Gebiete, in denen er die allgemeinen Gesetze

benutzte, waren die Galvanoplastik und die Telegraphie, eine Art elektrischer Kraftübertragung. Die anderen hauptsächlichsten Anwendungen der Elektrizität zur elektrischen Beleuchtung und zur Kraftübertragung im Grossen sind erst weit jüngeren Datums. Zunächst genügte das Gas und das Petroleum noch den nicht allzusehr durch Lichtfülle verwöhnten Menschen und andrerseits entsprachen die Dampfmaschinen und die Gasmotoren allen Forderungen.

Siemens allererste Arbeiten galten aber andern Problemen, nämlich der technischen Verwendung des elektrischen Stromes zur Vergoldung und Versilberung, über die einzelne wissenschaftliche Versuche schon vorlagen. Kurz vor Siemens Versuchen war es Jacobi im Grossen gelungen, Ueberzüge von Kupfer auf elektrischem Wege herzustellen. Während dieses letztere aber sehr leicht gelang, da das Kupfer sich aus Lösungen der verschiedensten Salze, vor allem des Kupfersulfates abscheiden lässt, stellten sich den analogen Prozessen mit den edlen Metallen grosse Schwierigkeiten entgegen; es handelte sich darum, passende Lösungsmittel für die Gold- und Silbersalze zu finden. Siemens hatte sich nun früher zusammen mit seinem Schwager Himly mit Daguerrotypie beschäftigt und erinnerte sich, das in unterschwefligsaurem Natron die Silber- und Goldsalze löslich waren. Versuche mit solchen Lösungen ergaben die befriedigensten Resultate. Er verkaufte die Erfindung zunächst in Deutschland an einen Juwelier. Sein Bruder Wilhelm trat dann in England mit der ersten galvanoplastischen Anstalt von Elkington, die noch in Birmingham besteht, in Beziehung, um an sie für England seine Erfindung abzutreten. Doch behauptete Elkington durch sein Patent gesichert zu sein. Das Patent des letzteren liess aber die Verwendung der Thermoströme ausser acht; Siemens zeigte, dass auch diese verwendbar seien und Elkington fand sich mit einer bedeutenden Summe ab. Schon bei der geschäftlichen Behandlung dieser ersten Entdeckung zeigt sich der zukünftige Industrielle. Während die Gelehrten damals in noch weit höherem Grade als jetzt ihre Entdeckungen und Erfindungen der allgemeinen Ausnutzung preisgaben, ohne irgend wie einen materiellen Nutzen aus denselben zu ziehen, hat sich Werner Siemens mit vollem Recht auch die Früchte seines Geistes und seines Fleisses gesichert. Ein wohl nur äusseres Motiv hierzu war die Notwendigkeit für seinen und seiner

Geschwister Unterhalt die nötigen Mittel zu gewinnen. Es sei aber gleich hier bemerkt, dass später Siemens sich relativ wenig Patente geben liess; dadurch dass er seine eignen Erfindungen in seinen eignen Werkstätten ausbeutete, war er stets seinen Konkurrenten bei weitem voraus und wahrte sich den Vorsprung durch tadellose Ausführung und fortwährende Verbesserungen.

An diese Entdeckung schlossen sich neben Arbeiten auf dem Gebiete der Telegraphie, solche über besondere Formen der Schiessbaumwolle, die aber nicht zu abschliessenden praktischen Resultaten führten. Die Auffindung der neuen Art Schiessbaumwolle hatte für Siemens selbst insofern eine grosse Bedeutung, als er es ihr verdankte, dass er in Berlin bleiben durfte, trotzdem er als Offizier einen liberalen, politischen Aufruf unterzeichnet hatte.

Die folgenden Jahre von der Mitte der vierziger an sind fast ausschliesslich der Telegraphie und damit zusammenhängenden Fragen gewidmet. Zunächst waren es Verbesserungen am Zeigertelegraphen, die einen sicheren Gang desselben bedingten, durch welche sich Siemens Ansehen erwarb. Er wurde darauf hin in eine Telegraphenkommission der Regierung berufen, die die Errichtung von Telegraphenlinien beraten und besorgen sollte. Drathleitungen in der Luft hatte man schon vielfach angewandt; sie isolirten aber bei feuchtem Wetter schlecht, ein grosser Teil des Stromes floss zur Erde ab. Siemens führte die jetzt allgemein benutzten Porzellanknöpfe ein, wodurch der Mangel beseitigt wurde. Mit der Zeit wurden ferner ursprünglich gut funktionierende Linien schlechter und schlechter. Siemens zeigt, dass man die einzelnen, der einander berührenden Dräthe verlöthen muss. Es sind dies zwei scheinbar untergeordnete Verbesserungen, aber für die Sicherheit des Betriebes von massgebender Bedeutung. — Die meisten bis dahin gelegten Linien waren oberirdische; die damaligen politisch erregten Zeiten, um das Jahr 1848, liessen es aber als höchst unsicher erscheinen, die Telegraphenlinien so leicht zugänglich zu machen und ohne weiteres Zerstörungen auszusetzen. Man beschloss daher, die Telegraphendräthe unterirdisch zu legen. Dem stellte sich aber die grosse Schwierigkeit einer genügenden Isolation entgegen. Man hatte versucht, die Dräthe in Glasröhren mit Harzen einzukitten, aber ohne befriedigenden Erfolg. Da kam ein glücklicher Zufall zu Hülfe. Wilhelm Siemens schickte aus London an

seinen Bruder Werner als Kuriosum eine Probe Guttapercha, die damals eben in den Handel gekommen war; Werner versuchte sie zum Umhüllen der Dräthe zu verwenden und sie bewährte sich vollkommen. Damit war das Problem der Isolation dem Prinzip nach gelöst. Siemens schlug dann gleich vor, man solle die Dräthe zum Schutze noch mit einem Blei- oder Eisenmantel umgeben. Aus falschen Sparsamkeitsrücksichten wurde dies aber von der Regierung unterlassen, und nach wenigen Jahren waren die Leitungen an vielen Stellen zerstört. Diese Anlagen waren aber nicht so leicht zu bewerkstelligen, wie es wohl den Anschein haben könnte; es galt, neben der Anlage selbst, bei der mannigfach Erfahrungen gesammelt werden mussten, auch Maschinen zum Ueberziehen der Dräthe zu konstruieren, die Aufnahme- und Empfangsvorrichtungen zu vervollkommnen u. s. w.

Bei der Legung der unterirdischen Kabel musste Siemens auch die Theorie der Bewegung des Stromes in denselben feststellen. Die dahin zielenden, theoretischen und experimentellen Arbeiten haben zuerst den Ruhm von Siemens als Physiker begründet. Ein unterirdisches Telegraphenkabel verhält sich wie eine in die Länge gezogene Leydener Flasche, leitet man einen elektrischen Strom in sie hinein, so fliesst derselbe nicht einfach hindurch, sondern ein grosser Theil der Elektrizitätsmenge dient dazu, die Wandungen des Kabels zu laden. Erst nachdem die Gesetze der Ladung erkannt waren, war es möglich, sicher durch solche Kabel zu telegraphieren, indem man die Apparate entsprechend modificierte und ergänzte.

Die Ausführung der Telegraphenanlagen hatte Halske übernommen, Siemens als Offizier konnte sich nicht direkt an einem Geschäft beteiligen.

Seine elektrischen Kenntnisse hat er aber auch speziell als Offizier bethätigt, er ging während des dänischen Krieges nach Kiel und war, wie erwähnt der erste, der unterseeische Minen anlegte.

Nach dem Kriege und nach der Ausführung und Fertigstellung einer Reihe weiterer Linien, trat an Siemens die Frage heran, ob er bei dem Militär bleiben, oder in den Civildienst übertreten oder sich selbstständig stellen wollte. Er entschied sich für das letztere. Der Garnisonsdienst bot ihm zu wenig Anregendes, die Erfahrungen, die er bei der Anlage der Telegraphenlinien mit den

Civilbehörden gemacht, hatten wenig Verlockendes. Die Einreden von Juristen, die sich einige Kenntnisse, aber doch keine gründliche technische physikalische Durchbildung erworben hatten, hatten ihn zu oft gestört; und so gründete er denn mit Halske zusammen ein Geschäft, das ohne Zuhülfenahme fremder Kapitalien unter seiner geistigen Leitung die Höhe erreichte, auf der er es hinterlassen.

Die Differenzen zwischen Siemens und dem damaligen Leiter des Telegraphenwesens veranlassten diesen die Firma Siemens und Halske nicht zu beschäftigen, ja er ging so weit, die von Siemens erfundenen Modelle zur Benutzung an andere Mechaniker zu überlassen.

Die glückliche Vollendung der ersten telegraphischen Leitungen zog aber umfassende Aufträge der russischen Regierung nach sich; so wurde die Linie von Petersburg nach der Krim und andere mehr gelegt, ferner ein submarines Kabel zwischen Petersburg und Kronstadt. Kabel, die Flüsse durchsetzten, waren schon früher gelegentlich der Verbindung von Verviers und Köln am Rhein mit grossem Erfolg von Siemens angewandt; jetzt wurde ein schon wesentlich längeres unterseeisches Kabel benutzt, wobei die Ergebnisse der Forschung über die Ladung von Kabeln auf das ausgiebigste verwendet wurden. Bald sollte dies in noch weit grösserem Masse der Fall sein. Es kommt für Siemens die Epoche der grossen Kabellegungen, zunächst im mittelländischen und rothen Meere und dann durch den atlantischen Ocean. Die ersten Unternehmungen gelangen nicht alle gleich, Kabel gingen verloren und es mögen dies auch für das Geschäft kritische Zeiten gewesen sein. Aber jeder Fehlschlag trug in sich den Keim neuer Erfolge, da Siemens es verstand, auch aus dem Misserfolg zu lernen, und die Erfahrungen sofort zu verwerten.

Einen Teil der Kabellegungen besorgte das Londoner Haus, welches Wilhelm Siemens, der spätere Sir William leitete, der stets im regsten Zusammenhange mit der Berliner Firma stand.

Wie sehr Siemens Sinn von Forschungen auf den Gebieten der Telegraphie erfüllt war und wie er auf sie gerade ein Hauptgewicht legte, geht aus seiner Biographie hervor, wo er ihrer Besprechung einen besonders grossen Raum gewährt; und in der That mit Recht, seine Linien reichen von London nach Amerika und

von London nach Indien, seine Apparate funktionieren auf allen Linien, seine Messmethoden werden überall benutzt.

Bei allen Telegraphenanlagen war es von höchster Wichtigkeit, ihren Widerstand genau zu bestimmen. Dies wurde für Siemens Veranlassung ein festes, sicher herzustellendes Maass für denselben aufzustellen. Siemens definiert als Einheit des Widerstandes denjenigen einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0°. Diese Einheit wird nach ihm 1 Siemens genannt. Solche Quecksilbersäulen lassen sich zwar nicht leicht direkt herstellen, aber Länge und Querschnitt einer beliebigen Quecksilbersäule sind leicht zu messen und danach ihr Widerstand anzugeben. Wie praktisch diese Einheit war, geht daraus hervor, dass, wenn man die aus theoretischen Gründen neu eingeführte Einheit des Ohm definieren will, man sagt, sie sei = 1,063 Siemens.

Mit den ersten Arbeiten auf telegraphischem Gebiete hängen eng zusammen die Versuche Siemens, die Geschwindigkeit der Geschosse zu messen. Die Anordnungen und Messmethoden gehören zu dem Sinnreichsten, was auf diesen Gebieten erdacht ist. Wie bei so vielen Arbeiten unseres Gelehrten sind sie im Wesentlichen noch immer in Gebrauch.

Stets hatte W. Siemens sich mit dem Problem beschäftigt, elektrische Ströme mittelst Induktion im grossen zu erzeugen. Solche Induktionsströme entstehen bekanntlich in Leitern, die man an anderen stromdurchflossenen Leiter vorbeiführt, oder aber in Leitern, die man an Magneten vorbeibewegt, in letzterem Falle besonders stark, wenn diese Leitern um ein weiches Stück Eisen herumgewickelt sind. Der im Eisen entstehende und verschwindende Magnetismus ruft selbst in den Leitern Ströme hervor, die den durch ihre Annäherung und Entfernung erzeugten gleich gerichtet sind. Dies Prinzip der Stromerzeugung war schon früher von Stöhrer und Anderen, bei den sogenannten magnetelektrischen Maschinen benützt worden. Siemens hat zunächst diese Maschinen in hohem Grade vervollkommnet, indem er z. B. dem rotierenden Eisenstück eine besondere Gestalt gab. Der Anwendung in der Technik stellte sich aber die Schwierigkeit entgegen, hinlänglich grosse Magnete zu konstruieren; man ersetzte dieselben daher durch Elektromagnete, die durch eine besondere kleine magnetelektrische Maschine erregt wurden. Diese Anordnung war ein grosser Fortschritt, aber noch immer

sehr kompliciert, die gegenseitige Regelung von Erregung und Stromverbrauch liess sich u. a. schwierig erzielen. Da kam Siemens auf die glückliche Idee, die Maschinen sich selbst erregen zu lassen, er entdeckte das Prinzip der Selbsterregung, das er im Jahre 1867 am 17. Januar der Berliner Akademie vorlegte. Wenige Tage später berichtete Wheatstone über ähnliche Versuche. Das Prinzip der Selbsterregung besteht kurz in folgendem. Vor einem ersten Stücke weichen Eisens, das mit einem spiralförmigen Draht umwickelt ist, einem Elektromagnet, bewegt sich ein anderes ebenfalls mit Drath umwickeltes zweites Stück, der Anker. Die beiden Umwickelungen mögen mit einander verbunden sein. Jedes Stück weichen Eisens enthält Spuren von Magnetismus, nähert man daher das zweite Stück dem ersten, so wird dadurch in der Spirale desselben ein wenn auch zunächst nur schwacher Strom induciert, er umfliesst das erste Stück und verstärkt seinen Magnetismus. Kommt nun das zweite Stück von neuem an dem ersten vorbei, so wird in der Umwickelung ein stärkerer Strom hervorgerufen, der wieder den Magnetismus des ersten verstärkt u. s. f. Die Maschine erregt sich also selbst. Man nennt eine solche Maschine jetzt Dynamomaschine. Durch verschiedene Arten der Schaltung der Drahtwickelungen um Anker und Elektromagnet, durch Umwicklung mit verschieden dickem Drath, oder gleichzeitiger Umwicklung mit dickem und dünnem Drath konnte den verschiedensten Bedürfnissen der Praxis genügt werden und dem elektrischen Strom war die weiteste Anwendung gesichert. Von dieser Zeit an tritt die Elektrotechnik erst im weitesten Sinne des Wortes in den Vordergrund des technischen Lebens. Jetzt war es erst möglich, elektrische Kraftübertragungen im Grossen zu bewerkstelligen; d. h. den an einer Stelle erzeugten Strom, der durch Dräthe beliebig weit fortgeleitet wurde, an einer andern Stelle zu Arbeitsleistungen zu verwenden. Eine derartige Kraftübertragung haben wir bei den elektrischen Eisenbahnen. Die erste derselben konstruierte wieder Werner Siemems im Jahre 1879.

Durch die Konstruktion der Dynamomaschinen war es aber auch erst möglich, das elektrische Licht, das man in seinen beiden Formen, dem Bogen- und dem Glühlicht schon lange kannte, in weitesten Masse einzuführen. Siemens selbst hatte die elektrischen Bogenlampen wesentlich vervollkommnet, zur Konstruktion von Glühlichtlampen hatte er, wie er erzählte, viele Versuche

angestellt, freilich ohne rechten Erfolg, da er als leitendes Material Drähte von Metallen verwandte. Erst als Edison an Stelle des Metalls dünne Kohlenfäden setzte, war eine wirklich praktische Anwendung möglich. So entstand denn eine ganz neue Industrie, die hunderten von durchgebildeten Technikern und Gelehrten und vielen Tausenden von Arbeitern lohnenden Erwerb gab.

Neben den elektrischen Arbeiten und Konstruktionen, mit welchen der Namen Siemens untrennbar verknüpft ist, hat er aber auch zahlreiche andere Apparate erfunden und verbessert. Ich nenne einen Differentialregulator, die pneumatische Briefbeförderung in Berlin, Geschwindigkeitsmesser, Spiritusmesser und vieles andere.

Ausser mit technischen Fragen hat Siemens sich mit besonderer Vorliebe mit rein wissenschaftlichen Fragen beschäftigt, die zu gar keinen praktisch verwertbaren Resultaten führen konnten. Jede äussere Anregung rief in ihm längere Gedankenfolgen hervor. Ich möchte hier einiges wenige anführen. Ueber die Konstitution des Innern unserer Erde bestehen zwei diametral einander widersprechende Anschauungen, nach der ersten besitzt dieselbe einen feurig flüssigen Kern, auf den eine dünne feste Schale aufgelagert ist, nach der andern ist das Erdinnere im Wesentlichen fest. Sir W. Thomson hat die letztere Anschauung, besonders auf Grund von Beobachtungen von Fluth und Ebbe gegenüber der ersteren als die einzig annehmbare verteidigt. Siemens hat aber gezeigt, dass Umstände, wie die Plastizität des Erdinneren vorhanden sind, welche Sir W. Thomson's Schlussfolgerungen nicht ohne weiteres als streng richtig erscheinen lassen.

Spätere Arbeiten von Siemens gelten meteorologischen Fragen, vor allem dem Kreislauf der Atmosphäre.

Von besonders grosser Tragweite war der Nachweis von Siemens, dass Gase, die ohne chemische Einwirkung auf 1000—2000° erhitzt werden, keine Lichtstrahlen aussenden, also dunkel sind.

Ihm war es ein Bedürfniss, die Gründe der Vorgänge, die sich um ihn abspielten, zu erforschen. Dies zeigt sich auch in seinen Betrachtungen über die Entstehung der Fieber und die Ursachen der Immunität, in denen er Ergebnisse neuerer Forschungen vorwegnahm. Angeregt wurde er zu denselben auf einer Reise im Kaukasus, wo er selbst an der Malaria erkrankte.

Bei den. meisten Menschen wirken die Interessen der Jugend noch im Alter bestimmend, so auch bei Siemens.

Die Hauptwandlung, die das Eintreten von Siemens in die Telegraphie hervorrief, war, wie er selbst sagt, dass er sie aus einer Uhrmacherkunst in eine Praecisionsmechanik verwandelte. Damit war von vornherein eine ganz andere Behandlung mit weiteren Gesichtspunkten gegeben, nicht mehr auf den treibenden Räderwerken lag der Hauptgewicht, sondern auf der Anordung der Gesammtanlage. Die Hebung der Präcisionsmechanik ist noch in den letzten Jahrzehnten seines Lebens für Siemens ein Hauptgegenstand des Interesses gewesen. Schon in den 70er Jahren suchte er eine Anstalt ins Leben zu rufen, die die Präcisionsmechanik weiter ausbilden sollte; wo an den Staat Wünsche in dieser Hinsicht gestellt wurden, fanden sie in Siemens einen warmen Befürworter. Als im Jahre 1884 Sir William Siemens starb, stiftete Werner Siemens aus seinem Antheil der Erbschaft eine sehr grosse Summe und schenkte ein Grundstück zur Gründung einer wissenschaftlichen Anstalt, der technischen Reichsanstalt, die den doppelten Zweck haben sollte, die wissenschaftlichen Grundlagen der Präcisionsmechanik im weitesten Sinne des Wortes zu fördern und zweitens rein wissenschaftliche Arbeiten auszuführen, die in den einzelnen Laboratorien wegen Mangels an Hilfsmitteln nicht wohl bewältigt werden konnten. Das Reich leistete bedeutende Zuschüsse und rief denjenigen an die Spitze des Institutes, der wie kein Anderer, zu ihrer Leitung befähigt war, H. von Helmholtz. Nach der ersten Richtung hat die Anstalt schon Bedeutendes geleistet; die Resultate sind der deutschen Industrie in hohem Grade zu statten gekommen. Ich erinnere nur an die Prüfung der Thermometer, der Stimmgabeln, die Feststellung der Normalwiderstände, u. a. m.

Ich bin am Schlusse; wohl wäre noch vieles zu erwähnen, indess hoffe ich, dass Sie aus der obigen Schilderung den Eindruck erhalten haben, der mir im Verkehr mit Siemens und bei den Studien seiner Schriften und seines Lebens immer von neuem entgegentrat: Er war ein bedeutender Gelehrter und ein ganzer und grosser Mensch.

A. Stock. Ueber die verschiedenfarbigen Lösungen des Jods.

In der Sitzung mitgetheilt von E. Beckmann.

Ueber die verschieden gefärbten Jodlösungen haben vor einiger Zeit H. Gautier und G. Charpy in einer Mitteilung „Ueber den Zustand des Jods in Lösungen"[1]) die Ansicht ausgesprochen, dass die Verschiedenheit der Färbung ihren Grund in der verschiedenen Molekulargrösse des gelösten Jods habe. Braune Lösungen enthalten nach ihnen das Molekül J_4, violette das Molekül J_2, rote Lösungen zeigen einen dazwischen liegenden Wert. Als Beleg hierfür geben sie folgende Zahlen.

Lösungsmittel	Farbe	Molekül	
Aether	braun	507	$J_4 = 508$
Acetophenon	braun	484	
Benzol	rot	341	$J_3 = 381$
Schwefelkohlenstoff	violett	303	$J_2 = 254$.

Die Werte für Aether und Schwefelkohlenstoff sind von M. Loeb,[2]) übernommen, diejenigen für Acetophenon und Benzol von Gautier und Charpy ermittelt worden. Auch in p-Xylol und Aethylenbromid haben sie das Molekül des Jods bestimmt, doch bemerken sie nur, dass dasselbe dem in Benzol gefundenen nahestehe, ohne Zahlen zu geben.

Da nun Prof. Beckmann[3]) das Molekulargewicht des Jods in Aether sowohl, wie auch in Schwefelkohlenstoff nach seiner Siedemethode J_2 entsprechend gefunden hatte, unternahm ich auf seine Veranlassung eine Wiederholung der von Gautier und Charpy mitgeteilten Bestimmungen und fügte denselben neue in Chloroform und Naphtalin hinzu.

1) Compt. rend. T. 110. 189.
2) Zeitschrift für phys. Chemie 2, 606.
3) Zeitschrift für phys. Chemie 5, 78.

Die Resultate sind folgende:[1])

Lösungsmittel: Acetophenon (Gefriermethode). Farbe: braun.

Gew. d. Jods in 100 g. Lösungsm.	Erniedrigung des Gefrierpunkts	Konstante	Molekül.
3,71	0,415	60	536
4,71	0,935	60	306
7,25	1,891	60	230

Das Acetophenon des Handels[2]) zeigt sich selbst in seiner reinsten Form für eine Molekulargewichtsbestimmung des darin gelösten Jods wenig geeignet. Die ersten geringen Mengen zugefügten Jods gaben eine relativ sehr geringe Erniedrigung, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass das Jod mit einer vorhandenen Beimischung sich zusammenlagert. Unter diesen Umständen darf auch den bei höheren Konzentrationen erhaltenen Werten keine entscheidende Bedeutung beigemessen werden, zumal die Erstarrungspunkte sich weniger konstant als bei andern Lösungsmitteln ergaben.

Nach der mitgeteilten Tabelle scheinen die Molekularwerte mit erhöhter Konzentration abzunehmen. Um zu ermitteln, ob dies durch Bildung von Jodwasserstoff infolge einer substituierenden Wirkung des Jods veranlasst sei, wurde am Ende des Versuchs, nach Entfernung des freien Jods vermittels reinen Quecksilbers, auf Jodwasserstoff besonders geprüft. Die Menge desselben ergab sich aber so gering, dass die dadurch bewirkte Erniedrigung nur 0,01° betragen haben konnte.

---

1) Bei den Konzentrationen und den Gefrierpunktserniedrigungen der folgenden Tabelle ist immer die vorhergehende Lösung als Ausgangspunkt genommen. Die Erstarrungspunkte waren nicht ganz konstant.

2) Acetophenon zeigte auch dann einen mit den Versuchsbedingungen recht veränderlichen Erstarrungspunkt, nachdem es durch Ausfrierenlassen und Wiederschmelzen der Krystalle möglichst gereinigt war. Herr Dr. Bannow von der Firma C. A. F. Kahlbaum in Berlin gewann das hier verwendete Präparat aus 8 Kilogr. Material durch fünfmalige Wiederholung dieser Operation.

Lösungsmittel: Benzol (Gefriermethode). Farbe: rot.

Gew. d. Jods in 100 g. Lösungsm.	Erniedrigung des Gefrierpunktes	Konstante	Molekül.
0,914	0,129	50	347
2,24	0,313	"	351
4,27	0,601	"	348

Die Werte stimmen mit denen von Gautier und Charpy überein und deuten auf Moleküle, deren Grösse zwischen J_2 und J_3 liegt.

Lösungsmittel: Benzol (Siedemethode). Farbe: rot, jedoch violetter als in der Kälte.

Gew. d. Jods in 100 g. Lösungsm.	Erhöhung d. Siedepunktes gefunden	corr.	Konstante	Molekül gefunden	corr.
1,804	0,139	0,180	26,7	347	268
3,11	0,231	0,317	"	360	262
5,08	0,405	0,574	"	335	237

Die Uebereinstimmung der gefundenen Werte zwischen Gefrier- und Siedemethode scheint auf den ersten Blick eine vollkommene zu sein; sie verschwindet aber nach Anbringung folgender Korrektur.

Da das Jod bei der Siedetemperatur des Benzols bereits einen merklichen Dampfdruck besitzt, welcher der Dampfspannungsverminderung des Lösungsmittels entgegen wirkt, so müssen die Erhöhungen des Siedepunkts zu gering und die Molekulargewichte zu gross gefunden werden. Um hierfür eine Korrektur anzubringen, kann man folgendermassen verfahren.

Eine Jodlösung von bekanntem Gehalt wird destilliert und das Destillat in mehreren Fraktionen aufgefangen. Aus der Konzentration dieser sowie dem Gewicht der Fraktionen, lässt sich die jeweilige Konzentration im Fraktionierkolben zu Anfang und zu Ende einer jeden Fraktion berechnen.

Aus folgender Zusammenstellung wird die Konzentrationsänderung des Destillats und damit auch die des Dampfes mit der Konzentration der siedenden Lösung ersichtlich. Die Konzentrationen sind immer in Gewichtsteilen Jod auf 100 Gewichtsteile Lösungsmittel angegeben.

Fraktion	I	II	III	IV	V	VI	VII
Konzentration der Fraktion = C_1	0,242	0,295	0,409	0,495	0,662	0,965	1,448
Anfangskonzentr. der sied. Lösung	1,14	1,3	1,54	1,83	2,19	2,82	3,62
Endkonzentration der sied. Lösungen	1,3	1,54	1,83	2,19	2,82	3,62	5,24
Mittel = C_2	1,22	1,42	1,68	2,01	2,51	3,22	4,43
$\frac{C_1}{C_2}$	0,20	0,21	0,24	0,25	0,26	0,30	0,33

Um für solche Werte von C_2, die nicht in der Tabelle enthalten sind, C_1 zu finden, kann man angenähert annehmen, dass das Verhältnis $\frac{C_1}{C_2}$ sich zwischen zwei der obigen Werte proportional mit C_2 ändert. Ist nun die Konzentration einer Fraktion gleich C, so enthielt der Dampf, durch dessen Kondensation sie entstand, ebenfalls Cg Jod auf 100 g Benzol, oder, weil das Molekulargewicht des dampfförmigen Jods gleich 254 ist, $\frac{C}{254}$ Moleküle Jod auf $\frac{100}{78}$ Moleküle Benzol. Da nun in Gasgemischen die Partialdrucke der Komponenten im Verhältnis der Anzahl der Moleküle in demselben Volum stehen, so erhält man, wenn p_1 den Druck des Joddampfes, p_2 den des Benzoldampfes bezeichnet, $\frac{p_1}{p_2} = \frac{78\ C}{254 \cdot 100}$.

Beim Siedepunkt des Benzols kann man, wegen der geringen Grösse von p_1, p_2 gleich 760 mm setzen; p_1 ist dann gleich $\frac{78 \cdot 760}{254 \cdot 100}$, C.

Einer Temperaturänderung von 5° entspricht bei der Siedetemperatur des Benzols eine Aenderung des Dampfdruckes von 123 mm,[1]) die Druckänderung p ist also von einer Temperaturänderung von $\frac{5 \cdot 78 \cdot 760}{123 \cdot 254 \cdot 100}$ C = 0,09487 C begleitet. Um so

1) Landolt und Börnstein physik. chem. Tabellen.

viel wird also die Erhöhung des Siedepunktes zu gering ausfallen, und man erhält den korrigierten Wert, wenn man diese Grösse zu der beobachteten Erhöhung addiert. Bei Benutzung dieser Werte der Siedepunkterhöhung erhält man die korrigierten Molekulargewichte, die oben in der zweiten Spalte eingetragen sind.

Nach dieser Korrcktur werden die in siedendem Benzol erhaltenen Molekulargrössen bis zum normalen Wert von J_2 herabgedrückt und ergeben sich also erheblich niedriger als in Benzol bei Gefriertemperatur.

Lösungsmittel: Chloroform (Siedemethode) Farbe: violett.

Gewicht des Jods in 100 g Lösungsmittel	Erhöhung des Siedepunktes beobachtet	corr.	Konstante	Moleküle beobachtet	corr.
0,800	0,090	0,115	36,6	325	255
1,67	0,200	0,251	„	306	244
2,24	0,272	0,341	„	301	240
3,53	0,403	0,512	„	321	252
4,22	0,490	0,621	„	316	249
5,26	0,610	0,772	„	316	249

Tabelle zur Korrektur der Molekulargewichte in Chloroform nach der Siedemethode.

Fraktion	I	II	III	IV	V
Konzentration der Fraktion = C_1	0,203	0,283	0,370	0,506	0,722
Anfangskonzentr. der sied. Lösungen	0,918	1,07	1,29	1,75	2,43
Endkonzentration der sied. Lösungen	1,07	1,29	1,75	2,43	4,03
Mittel = C_2	0,99	1,18	1,52	2,09	3,23
C_1/C_2.	0,21	0,24	0,24	0,24	0,22

Auch hier muss an den gefundenen Werten dieselbe Korrektur wie bei siedendem Benzol angebracht werden. Es gelten hierfür dieselben Betrachtungen wie oben, man hat nur nöthig in der Formel für die Temperaturänderung anstatt des Molekulargewichts des Benzols = 78 das des Chloroforms = 120 und statt der Druckänderung von 123 mm bei 5° Temperaturänderung die von

134 mm[1]) einzusetzen. Die Temperaturänderung ergiebt sich zu 0,134 C, wobei C wie oben die Konzentration des Dampfes bedeutet.

Letztere Grösse ist hier sehr einfach zu finden, da, wie vorstehende Zusammenstellung zeigt, das Verhältnis $\frac{C_1}{C_2}$ konstant gleich 0,23 ist, für C_1 also 0,23 C_2 einzusetzen ist, wobei C_2 die Konzentration der siedenden Lösung bezeichnet. Der Wert der Temperaturänderung nimmt dann die Form $0,23 \cdot 0,134\ C_2 = 0,03082\ C_2$ an. Durch Addition dieser Grösse zu der beobachteten Siedepunktserhöhung und Benützung dieser Werte bei der Berechnung der Molekulargewichte erhält man wieder die in der zweiten Spalte aufgeführten korrigierten Werte. Die in siedendem Chloroform gefundenen Werte stimmen nach den Korrektur wieder auf J_2.

Lösungsmittel: Naphtalin (Gefriermethode) Farbe: braun-rot.

Gew. des Jods in 100 g Lösungsm.	Erniedrigung des Erstarrungspunktes	Konstante	Molekül
1,33	0,385	70	242
1,9	0,550	70	242
3,52	0,980	70	251

Ueber das Molekül des Jods in Naphtalin liegen Beobachtungen von Hertz[2]) vor, der es ebenfalls J_2 entsprechend gefunden hat.

Lösungsmittel: Aethylenbromid (Gefriermethode) Farbe: rot.

Gew. des Jods in 100 g Lösungsm.	Erniedrigung des Erstarrungspunktes	Konstante	Molekül
0,329	0,175	120	225
0,792	0,391	„	243
1,47	0,685	„	258
2,26	1,055	„	257

Lösungsmittel: p-Xylol (Gefriermethode) Farbe: rot.

Gew. des Jods in 100 g Lösungsm.	Erniedrigung des Erstarrungspunktes	Konstante	Molekül
1,17	0,199	43	253
2,21	0,372	43	255
4,345	0,718	43	260

1) Landolt und Börnstein, Physikal. chem. Tabellen.

2) Zeitschrift für physikal. Chemie 6, 358.

Die Konstante des p-Xylols wurde mittelst Phenylbenzoats bestimmt. Man sieht, dass die Molekulargrösse des Jods in Aethylenbromid und p-Xylol der Formel J_2 entspricht, während Gautier und Charpy eine Uebereinstimmung mit den grösseren Werten in Benzol beobachtet zu haben angeben.

Alle Lösungsmittel, die eine zuverlässige Bestimmung des Jodmoleküls gestatten, ergeben also mit Ausnahme des Benzols beim Gefrieren Werte, die auf das Molekül J_2 hinweisen. Das anomale Verhalten des Benzols ist um so auffallender als andere Kohlenwasserstoffe z. B. Naphtalin und p-Xylol normale Werte ergeben. Eine Ausscheidung von Jod beim Gefrieren, welche die Ursache dieser Erscheinung sein könnte, liess sich nicht konstatieren. Eine verschiedene Grösse des Jodmoleküls als Ursache der Verschiedenheit der Farbe anzunehmen ist nach obigen Zahlen nicht zulässig, da die intensiv braun gefärbte ätherische Lösung nach den Versuchen Beckmanns ebenfalls zu Werten J_2 führt. Gleichwohl aber muss der Grund in der molekularen Beschaffenheit der Lösung gesucht werden, da die meisten Lösungen beim Abkühlen sich mehr nach braun, beim Erwärmen mehr nach violett hin färben, Temperaturänderungen aber wohl nur eine Aenderung des molekularen Zustands bewirken.

Wie aber schon Beckmann hervor gehoben hat, wird durch die Versuche durchaus nicht die Entscheidung dahin getroffen, dass in den braunen wie violetten Lösungen das Jodmolekül frei vorhanden ist, im Gegentheil könnte der Unterschied der Färbung darauf zurückgeführt werden, dass nur in violetten Lösungen Jodmoleküle sich in demselben Zustand befinden wie im Joddampf, während in braunen Lösungen aber das Jod mit dem Lösungsmittel zu Molekularkomplexen zusammentritt, von denen jeder ein Molekül J_2 enthalten muss, im Uebrigen aber fast beliebig gross werden kann.

Die insbesondere von E. Wiedemann[1]) durch Abkühlen beobachteten Uebergänge von violett und rotgefärbten Jodlösungen in braungefärbte, wäre auf die Entstehung braungefärbter nur in der Kälte bestehenden additionellen Verbindungen zwischen Jod und dem Lösungsmittel zurückzuführen, wie solche E. Wiedemann[2]) bereits bei verschieden gefärbten Lösungen anderer Körper angenommen hat.

1) Wiedemanns Annalen. N. F. 41, 298.
2) Ladenburg's Handwörterb. der Chemie. Bd. VI, 593.

Es erscheint bemerkenswert, dass wo höhere Molekularwerte durch den Versuch gewonnen worden sind, nämlich bei Gefrierversuchen mit Benzol, es sich nicht um braune, sondern um rote Lösungen handelt. Ob hier normale Jodmoleküle direkt oder unter Beihülfe des Lösungsmittels zusammen getreten sind, kann natürlich durch den Versuch nicht entschieden werden; jedenfalls sind bei Siedetemperatur der Benzollösung nur Moleküle vorhanden, welche einfach molekulare Jodmengen enthalten.

Von der Voraussetzung ausgehend, dass in den braungefärbten Lösungen Moleküle J_4, in den violettgefärbten Moleküle J_2 vorhanden seien, haben Gautier und Charpy[1]) noch Versuche angestellt, um diese verschiedenen Moleküle nach ihrer verschiedenartigen chemischen Wirkung zu charakterisieren. Nach ihnen sollen braune Jodlösungen beim Schütteln mit Quecksilber sofort Quecksilberjodid bilden, während violette Lösungen sofort Quecksilberjodür entstehen lassen, auch wenn noch überschüssiges Jod vorhanden ist. Nun lässt sich aber leicht nachweisen, dass Quecksilberjodür durch violette Jodlösung in Chloroform alsbald in Quecksilberjodid übergeht; und es lässt sich auch nicht recht einsehen, warum das Molekül J_4 grössere Neigung zeigen sollte, Quecksilberjodid zu bilden, während das Molekül J_2 zu Quecksilberjodür führt.

Gautier und Charpy haben weiter auf den Unterschied hingewiesen, welche braune und violette Jodlösungen dem Bleiamalgam gegenüber zeigen. Bei Wiederholung der Versuche hat sich bestätigt, dass eine braune alkoholische Jodlösung beim Schütteln mit dem Amalgam verhältnissmässig schneller Jodblei liefert, als eine violette Jodchloroformlösung; worauf dies beruht, lässt sich noch nicht vollkommen übersehen, doch erscheint es ausgeschlossen, dass hier charakteristische Wirkungen der Moleküle J_4 und J_2 vorliegen.

1) Comptes rendus 111, 645.

Ueber eine neue Bildungsweise der untersalpetrigen Säure.

Von C. Paal.

Zu den am wenigsten bekannten Verbindungen aus der Reihe der Stickstoff-Sauerstoffsäuren gehört die untersalpetrige Säure. Trotz des grossen Interesses, das dieselbe seit der Feststellung ihrer Konstitution durch W. Zorn[1]) in Anspruch nehmen darf, — kann sie doch als „Diazonium:“ HO·N = N·OH, als die Stammsubstanz aller organischen Azo- und Diazoverbindungen aufgefasst werden —, ist die Kenntnis sowohl der Säure selbst, als auch ihrer Salze eine äusserst unvollständige geblieben.

Die Ursache dieser mangelhaften Kenntnis liegt zweifellos in der schwierigen Zugänglichkeit und Zersetzlichkeit der Säure und der meisten ihrer Salze.

Wie zuerst Divers[2]) nachgewiesen, entstehen Salze der untersalpetrigen Säure durch Reduktion der Nitrite und Nitrate in wässeriger Lösung mit Natriumamalgam. Die Isolierung gelingt durch Ueberführung in das charakteristische, gelbe Silbersalz. W. Zorn[3]), welchem man die relativ eingehendste Untersuchung der Säure verdankt, hat die Darstellungsmethode dadurch etwas verbessert, dass er an Stelle der Alkalinitrite Baryumnitrit anwandte.

In der Absicht, die untersalpetrige Säure auf ihr Verhalten gegen eine Reihe anorganischer und organischer Verbindungen zu prüfen, habe ich in Gemeinschaft mit Herrn F. Kretschmer die Darstellung der Säure nach Zorn's Angaben unternommen. Es

---

1) „Die untersalpetrige Säure etc.“, Habilitat.-Schrift, Heidelberg, 1879 Ber. chem. Ges. X, 1306, XI, 1630, XV, 1007.

2) Journ. chemic. Soc. Bd. 45, pag. 78.

3) Ber. chem. Ges. XI, 1630, 2217, XII, 1509.

ist uns aber weder bei Anwendung von Baryumnitrit, noch von Kalium- oder Natriumnitrit gelungen, die von Zorn angegebene Maximalausbeute an Silberhyponitrit zu erreichen. Im Besitze von einigen Gramm des Silbersalzes haben wir auf dasselbe Schwefelwasserstoff, Jodammonium und o-Toluylendiaminchlorhydrat teils in wässeriger, teils in alkoholischer Lösung einwirken lassen in der Erwartung, so zu Kondensationsprodukten der untersalpetrigen Säure zu gelangen. Es zeigte sich aber, dass die Säure nicht in der gewünschten Weise reagierte. Schwefelwasserstoff bewirkte den Zerfall des Salzes in Schwefelsilber, Stickoxydul und Wasser. Die Einwirkung von Jodammon und salzsaurem o-Toluylendiamin vollzog sich nach folgenden Gleichungen:

I. $Ag_2N_2O_2 + 2\ NH_4J = 2\ AgJ + N_2O + 2\ NH_3 + H_2O$,

II. $Ag_2N_2O_2 + C_6H_4(NH_2)_2 2\,HCl = 2\ AgCl + N_2O + C_6H_4(NH_2)_2 + H_2O$.

Es hat demnach keine Kondensation, sondern ein vollständiger Zerfall der untersalpetrigen Säure stattgefunden.

Die geringen Ausbeuten, welche bei der Reduktion der Nitrite erhalten wurden, liessen den Wunsch rege werden, eine andere, ergiebigere Darstellungsmethode der Säure ausfindig zu machen.

Vor längerer Zeit hatte V. Meyer[1]) nachgewiesen, dass sich bei der Einwirkung von salpetriger Säure auf Hydroxylamin Stickoxydul — das Anhydrid der untersalpetrigen Säure — in reichlicher Menge bildet. Dieser Vorgang wurde dann in jüngster Zeit auch von Montemartini[2]) in Bezug auf die Geschwindigkeit des Reaktionsverlaufes näher studiert.

Es schien immerhin denkbar, dass unter Einhaltung bestimmter Versuchsbedingungen sich bei der Einwirkung von salpetriger Säure auf Hydroxylamin untersalpetrige Säure würde isolieren lassen, da die Entwickelung von Stickoxydul als sekundärer Prozess anzusehen ist, welchem die Bildung der Säure vorangeht:

I. $NH_2OH + NOOH = H_2O + N_2(OH)_2$,

II. $N_2(OH)_2 = N_2O + H_2O$.

Dass die untersalpetrige Säure leicht in Stickoxydul und

---

1) Liebigs Ann. d. Chem. Bd. 175, pag. 141.

2) Gazz. chimica, XXII (2), 304.

Wasser zerfällt, ist durch die Untersuchungen von van der Plaats[1]) und Zorn (loc. cit.) nachgewiesen.

Da die Reaktion voraussichtlich am glattesten bei niedriger Temperatur und in von Nebenprodukten freier, wässeriger Lösung vor sich gehen würde, so liess ich Silbernitrit auf salzsaures Hydroxylamin in Wasser gelöst einwirken.

Nach der Gleichung:

$$NH_2OH \cdot HCl + AgONO = NH_2OH \cdot NOOH + AgCl$$

musste sich in der ersten Phase salpetrigsaures Hydroxylamin bilden, welches sich dann nach der weiter oben angegebenen Gleichung zu untersalpetriger Säure kondensieren konnte.

Die in Gemeinschaft mit Herrn F. Kretschmer angestellten Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass 10 gr salzsaures Hydroxylamin in 2—300 gr Eiswasser gelöst und in die von aussen mit Eis gekühlte Lösung etwas mehr als die berechnete Menge Silbernitrit eingetragen wurde.

Die Umsetzung geht rasch vor sich, wobei sich das Silbernitrit in weisses, grobflockiges Chlorsilber umwandelt. Nach einigem Stehen beginnt die Gasentwickelung (Stickoxydul). Es zeigte sich, dass die ursprüngliche Lösung in der That salpetrigsaures Hydroxylamin enthielt, denn die filtrierte Lösung gab mit Silbernitrat einen reichlichen Niederschlag von Silbernitrit, während auf Zusatz von Ammoniak starke Gasentwicklung und Abscheidung von metallischem Silber eintrat. Die Lösung zeigt also gleichzeitig die Reaktionen der salpetrigen Säure und des Hydroxylamins.

Nach längerem Stehen der ursprünglichen Lösung über dem Chlorsilberniederschlag, wobei fortwährend Stickoxydul entweicht, verschwindet allmählich die Reaktion auf salpetrige Säure, und wenn man nun filtriert, etwas Silbernitrat zusetzt und mit stark verdünntem Ammon neutralisiert, so scheidet sich der charakteristische, gelbflockige Niederschlag von untersalpetrigsaurem Silber ab. Derselbe wurde durch Lösen in verdünnter Salpetersäure und Wiederausfällen mit Ammon gereinigt. Er zeigte die von Zorn (loc. cit.) angegebenen Eigenschaften.

---

1) Ber. chem. Ges. X, 1507.

Aus ammoniakalischer Lösung gelang es, das Salz zum Teil in kleinen gelben Krystallkörnchen zu erhalten.

Leider ist die Ausbeute eine sehr geringe, so dass auch diese neue Bildungsweise der untersalpetrigen Säure nur theoretisches Interesse beanspruchen darf.

Schliesslich sei erwähnt, dass wir auch die Einwirkung der salpetrigen Säure auf Aether des Hydroxylamins und zwar auf das am leichtesten zugängliche Benzylhydroxylamin in den Kreis der Untersuchung gezogen haben. Bis jetzt konnte nur das Endprodukt der Reaktion — Benzylalkohol — isoliert werden.

Zur Vererbung der Tuberkulose.

Von Dr. E. Westermayer.

Nach einer kurzen Besprechung der über die Vererbung der Tuberkulose aufgestellten Theorien *) berichtet der Vortragende über experimentelle Untersuchungen über die Frage, ob bei mit Tuberkulose behafteten Menschen überhaupt eine Ausscheidung, bezw. Ablagerung von Tuberkelbacillen in den Geschlechtsdrüsen stattfindet.

Die Untersuchungen wurden während des Wintersemesters 1892/93 von Herrn Dr. E. Westermayer auf Anregung und unter Leitung des Vortragenden im pathologisch-anatomischen Institute zu Erlangen ausgeführt.

Dieselben wurden in der Weise vorgenommen, dass tuberkulösen Leichen möglichst bald p. m. ein Hode bezw. ein Ovarium unter antiseptischen Cautelen entnommen und dann die mit sterilisirter Scheere zerkleinerte Drüsensubstanz Kaninchen in die Bauchhöhle eingeführt wurde. Es wurde stets das Parenchym eines ganzen Hoden mit Ausnahme eines kleinen zur mikroskopischen Untersuchung zurückgelassenen Restes in der Form von 50–60 kleinen Stückchen, oder in der Form eines durch Zerreibung der Drüsensubstanz hergestellten Breies dem Versuchstiere einverleibt. Der Rest des Hoden, bezw. Ovariums wurde

*) Bezüglich der Literatur sei auf die ausführliche Arbeit Westermayer's „Beitrag zur Vererbung der Tuberkulose, Inaugural-Dissertation, Erlangen 1893“ verwiesen.

nach Alkoholhärtung mikroskopisch auf die Anwesenheit von Tuberkelbacillen geprüft.

Die so angestellten Untersuchungen erstrecken sich auf 17 Leichen und zwar auf 3 weibliche und 14 männliche Individuen. Erstere hatten ein Alter von 19—35 Jahren, von den Männern war einer 18 Jahre alt, 6 zählten zwischen 20 und 30 Jahre, 4 zwischen 31 und 40, 2 zwischen 50 und 53, einer 61 Jahre. Sämmtliche Fälle betreffen schwere Formen von Lungentuberkulose, welche auch die Todesursache bildete. Meistens handelte es sich um chronische Tuberkulose mit acuten lokalen Nachschüben in der Form ausgebreiteter Tuberkeleruptionen und käsigen Pneumonien; in 14 Fällen war Cavernenbildung vorhanden, in 11 gleichzeitig tuberkulöse Erkrankung des Kehlkopfes und bei 12 Fällen fand sich auch ein tuberkulöser Geschwürsprozess im Darm; in 5 Fällen endlich waren auch andere Organe (Leber, Milz und Nieren, einmal ein Kniegelenk und einmal der l. Nebenhode) mit tuberkulösen Veränderungen behaftet.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Geschlechtsdrüsen dieses Materials konnten in keinem Falle Tuberkelbacillen oder irgend welche histologische Veränderungen tuberkulöser Natur nachgewiesen werden*).

Ebenso ergab die Einführung von Hoden- bezw. Ovarialsubstanz in die Bauchhöhle von Kaninchen in sämmtlichen Versuchen ein negatives Resultat.

Bei den 6—8 Wochen nach der Operation getöteten Versuchstieren fanden sich die eingeführten Gewebspartikelchen zu einem geschwulstförmigen, erbsen- bis haselnussgrossen Körper zusammengeballt, welcher von einer lockeren Bindegewebskapsel umgeben und durch zartes, gefässreiches Bindegewebe in der Regel mit dem Processus vermiformis verwachsen war. Die so eingeheilte Drüsensubstanz war weich, etwas trocken und von hellbräunlicher Färbung. Durch vergleichende Messungen und Wägungen liess sich feststellen, dass das eingeheilte Drüsenparenchym stets etwa auf $^1/_3$ seines ursprünglichen Gewichtes und Volumens reducirt war; da nun ein

*) In dem Falle mit tuberkulöser Erkrankung des l. Nebenhoden kommt selbstverständlich nur der r. Hode für die Untersuchung in Betracht.

seiner Tunica propria beraubter Hode 4,5—6 gr wiegt und durchschnittlich 3,68 gr eingeführt worden waren, so entspricht die zur Resorption gelangte Menge (zwischen 2 und 3 gr) beiläufig der Hälfte des Parenchyms eines ganzen Hoden.

In keinem Falle konnten, weder in der nächsten Umgebung des eingeheilten Gewebsstückchens, noch auch sonst wo in der Bauchhöhle oder in den verschiedenen Organen und Lymphdrüsen irgend welche tuberkulöse Erkrankungsherde, weder makroskopisch noch mikroskopisch, beobachtet werden. Ebensowenig liessen sich in den eingeheilten Parenchymstückchen selbst bei der mikroskopischen Untersuchung jemals Tuberkelbacillen nachweisen. Dieselben zeigten das Bild einfacher Gewebsnekrose mit mässiger Leukocyten-Einwanderung namentlich in den peripheren Zonen.

Zur Kontrole wurde auch von einem an acuter allgemeiner Miliartuberkulose verstorbenen Manne ein Teil des Hodenparenchyms in der angegebenen Weise einem Kaninchen in die Bauchhöhle eingeführt. Obwohl nun bei der mikroskopischen Untersuchung des Hoden in 56 Schnitten nur 4 Bacillen gefunden werden konnten, so hatte sich doch bei dem Versuchstiere nach 8 Wochen ein grosser tuberkulöser Abscess in der Bauchhöhle entwickelt, welcher sehr zahlreiche Tuberkelbacillen enthielt.

Da nun, wie Wyssokowicz gezeigt hat, schon die Einführung von 40—50 Tuberkelbacillen in die Bauchhöhle eines Kaninchens genügt, um Tuberkulose beim Versuchstiere zu erzeugen, so berechtigt das Resultat der vorliegenden experimentellen Untersuchungen zu dem Schlusse, dass bei mit chronischer Lungentuberkulose behafteten Menschen, selbst bei weit vorgeschrittener Erkrankung und ausgedehnter Verbreitung des tuberkulösen Prozesses, doch in den Geschlechtsdrüsen in der Regel gar keine oder doch gewiss nur verschwindend geringe Mengen von Tuberkelbacillen abgelagert werden bezw. zur Ausscheidung gelangen.

Bedenkt man nun vollends, dass bei einer Samenejaculation durchschnittlich gegen 50000000 Spermatozoen ausgeworfen werden und dass bei der Befruchtung nur 1 Spermatozoon in das Ei eindringt, so erscheint es bei dieser Sachlage, so gut wie ausge-

schlossen, dass, wenigstens von Seiten des Vaters, eine germinative Uebertragung der Tuberkulose auf die Nachkommen erfolgen könne; und zwar um so mehr, als doch die Fortpflanzung in eine frühere Krankheitsperiode zu fallen pflegt, in welcher der Erkrankungsherd noch localisiert und daher eine Verschleppung der Tuberkelbacillen in die Geschlechtsdrüsen noch weit unwahrscheinlicher ist, als in den späteren Stadien der Kranheit, wo der tuberkulöse Prozess an Ausbreitung und Intensität zugenommen hat.

Ueber Infusionen von C. Paal'schem salzsauren Glutinpepton in die Blutbahn.

Von Fritz Heubach.

Die Frage nach der Resorption der Eiweisskörper, welche vor einigen Jahren noch der Gegenstand lebhafter Controversen gewesen ist, dürfte vor allem durch die schönen Untersuchungen Neumeister's definitiv dahin entschieden sein, dass die Eiweisskörper vor ihrer Resorption zum allergrössten Teil erst in Peptone umgewandelt werden, dass daneben aber noch gewisse Eiweissarten unverändert die Darmwand passieren können. Derselbe Forscher hat auch nachgewiesen, dass die Peptone auf ihrem Wege durch die Darmwand durch irgendwelche entweder unerklärliche oder bisher nur unerklärte vitale Vorgänge, die sich entweder in den Epithelien oder in den Leukocyten der Darmwand abspielen, wieder in Eiweiss regeneriert werden. Diesem Ergebnis entspricht auch der mit Hülfe neuerer Untersuchungsmethoden erbrachte Nachweis, dass die früher geltende Ansicht, es seien während der Eiweissverdauung Peptone in der Blutbahn vorhanden, jeder analytischen Begründung entbehrt.

Die Erweiterung unserer Kenntnis von der Eiweissresorption ist vor allem auf zwei Wegen herbeigeführt worden. Einmal hat man reine Peptone an Hunde verfüttert und dabei gefunden, dass sie vollkommen äquivalente Mengen von Eiweisskörpern zu ersetzen vermögen, und dann hat man das Verhalten der Eiweisskörper resp. Peptone bei ihrer direkten Einführung in die Säftemasse geprüft.

Neumeister hat durch verschiedene Tierversuche gezeigt[1]), „dass bei direkter Einführung der Eiweisskörper in die Blutbahn diejenigen assimiliert werden, welche, auf normalem Wege in die Säftemasse gelangend, denselben auch beschreiten können, ohne dass sie den digestiven Processen erliegen, dass sich dagegen die Säftemasse derjenigen Eiweisssubstanzen als Fremdkörper entledigt, welche diesen Weg ohne Umsetzungen nicht zurücklegen

1) Neumeister, Zur Physiologie der Eiweissresorption. Habilitationsschrift. Jena 1890, p. 9.

können." Er verwandte zu diesen Versuchen Syntonin und Albuminat aus Eiereiweiss, Syntonin aus Rindsmuskeln, krystallinisches Phytovitellin aus Kürbissamen, sowie reines Serumalbumin, nach deren Injektion er niemals das Auftreten von Eiweiss im Harn beobachtete. Damit widerlegte er zugleich die Annahme[1]), „dass alle fremden nicht zur normalen Zusammensetzung des Plasma gehörigen Eiweisskörper, welche man in das Blut gelangen lässt, im Harn wieder erscheinen." Zugleich konnte Neumeister auch die von Hofmeister[2]) zuerst angegebene „Thatsache bestätigen, dass auch die aus der Magenverdauung hervorgegangenen Peptone sich den nicht direkt assimilierbaren Eiweisskörpern anschliessen, also durch die Nieren entfernt werden, wenn man sie künstlich der Säftemasse einverleibt." Er prüfte inbezug hierauf sowohl die durch Einwirkung des Magensaftes, als auch die durch Einwirkung der Pankreasfermente entstehenden Peptone und ausserdem die Albumosen, welche sich „trotz ihres chemischen Verhaltens physiologisch den Peptonen gegenüber gleich verhielten und unter allen Umständen schnell zur Ausscheidung gelangten."

Die Untersuchungen Neumeisters beziehen sich, soweit sie überhaupt auf Peptone eingehen, auf die wichtigsten Eiweisspeptone. Leimpeptone sind bisher in der gleichen Richtung noch nicht geprüft worden. Die Resorption des Leimes, der ja ein sehr wichtiges Ersatzmittel des Eiweisses bei der Ernährung darstellt, geht nach der allgemein gültigen Ansicht so vor sich, dass er ebenfalls zuvor durch die Verdauungssäfte in Pepton umgewandelt wird. Der Grund davon, dass die Frage nach dem Ersatz des Leimes durch Leimpeptone noch ihrer Erledigung harrte, ist wohl darin zu suchen, dass bisher ein reines chemisches Präparat von Glutinpepton nicht vorhanden war. Nachdem es aber C. Paal gelungen war, aus Gelatine durch Digerieren mit verdünnter Salzsäure ein Leimpepton von einer bis dahin unbekannten Reinheit zu gewinnen, lag es nahe, dieses neue Präparat auf seinen Nährwert und seine sonstigen physiologischen Wirkungen näher zu prüfen.

Im Sommersemester 1892 wurde auf Veranlassung des Herrn Professor Dr. J. Rosenthal und des Herrn Dr. O. Schulz im physiologischen Laboratorium zu Erlangen ein Fütterungsversuch

---

1) Bunge, Lehrbuch der physiologischen Chemie 1889, p. 311.
2) Zeitschrift für physiologische Chemie V. p. 134.

mit Paal'schem Glutinpepton durchgeführt, welcher zeigen sollte, wie weit bei einem Hunde das Fleischfutter durch dieses Pepton ersetzt werden könne. Nach privaten Mitteilungen des damit beschäftigten Herrn Dr. med. Ganz[1]) ist es vollkommen gelungen, etwa die Hälfte des Fleischeiweisses durch die äquivalente Menge von Glutinpepton zu ersetzen, sodass das Versuchstier während der ganzen Fütterungsperiode im Stickstoffgleichgewicht blieb.

Im Anschluss an diese Untersuchung versuchte ich die Frage nach dem Verhalten des Paal'schen Glutinpeptons bei der direkten Infusion in die Blutbahn zu entscheiden. Die im Verlauf der Arbeit auszuführenden Tierversuche sollten an kräftigen Kaninchen und an kleineren Hunden vorgenommen werden.

Herr Professor Dr. C. Paal hierselbst hatte die Güte, uns das von ihm dargestellte salzsaure Glutinpepton für diese Untersuchungen in grösseren Mengen zur Verfügung zu stellen, wofür ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen mir eine angenehme Pflicht ist.

Das salzsaure Glutinpepton Paal[2]) wird dargestellt durch Erhitzen von reiner Handelsgelatine mit der doppelten Gewichtsmenge 8% Salzsäure. Es ist in absolutem Alkohol vollkommen löslich, und diese Eigenschaft wird zu seiner Abtrennung von den der Handelsgelatine stets anhaftenden anorganischen Salzen und sonstigen Verunreinigungen benutzt. Das von mir verwendete Präparat stammte aus der Fabrik von Kalle & Co., Chemische Fabrik in Biebrich a./Rh., wo es nach der Vorschrift Paal's in grösseren Quantitäten hergestellt wird.

Das salzsaure Glutinpepton stellt bezüglich seiner Zusammensetzung und seiner Eigenschaften ein sehr constantes Präparat dar, bei welchem nur der HCl-Gehalt je nach der Herstellungsweise schwankt. Ich versuchte durch direkte Titration mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge die Salzsäure in meinem Präparat zu bestimmen und erhielt aus mehreren Versuchen folgendes Durchschnittsresultat:

Menge der zur Titration benutzten Peptonlösung: 20 ccm einer 5% alkoholischen Lösung. Diese wurden mit Wasser ver-

---

1) Inaug.-Diss. Erlangen 1893.

2) C. Paal, Ueber die Peptonsalze des Glutins. Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft 1892, p. 1202.

dünnt, damit die gelbliche Färbung der Peptonlösung nicht zu sehr die Farbe der als Indicator benutzten Lackmustinctur störte.

Zur Neutralisation waren erforderlich 24 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH.

24 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{36,5 . 24}{10.1000} = 0,0876$ g HCl.

Es sind also nach der Titration in 1 g salzsaurem Glutinpepton 0,0876 g HCl enthalten. Dieser Wert ist aber viel kleiner als der durch gewichtsanalytische Bestimmung des Chlors gefundene Wert. Der Grund hiervon liegt darin, dass, wie Paal selbst hervorgehoben hat, die Säure so fest an das Pepton gebunden ist, dass sie durch blosses Neutralisieren sich überhaupt nicht vollständig dem Pepton entziehen lässt. Folgender Versuch von Paal zeigt dies aufs Deutlichste: 3 g Peptonsalz mit 10,38 % Salzsäure wurden in Wasser gelöst, die Lösung mit Lackmus rot gefärbt und nun mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge bis zur beginnenden alkalischen Reaction titriert. Es wurden 21,5 ccm Lauge, entsprechend 0,08047 g Salzsäure, verbraucht, während der anderweitig festgestellte Säuregehalt des Salzes 0,3114 betrug. Es war also nur etwas mehr als der vierte Teil der Säure durch Alkali gebunden worden[1]). Das für meine spätern Untersuchungen verwendete Präparat enthielt nach der gewichtsanalytischen Chlorbestimmung 12,3 % HCl.

Den Stickstoffgehalt seiner Peptone hat Paal durch Elementaranalyse bestimmt. Für das salzsaure Pepton gibt er an einer Stelle 15,85 % Stickstoffgehalt an, der sich bei der Umrechnung auf freies Pepton in diesem Falle auf 17,85 % stellt. In einem andern Falle beträgt der N-gehalt eines freien Peptons, bei dem die Salzsäure nach seiner Methode durch Silbersulfat völlig entfernt war, 17,80 %.

Ich habe durchgehends bei den Stickstoffbestimmungen, die ich nach der Methode von Kjeldahl-Argutinsky[2]) ausführte, kleinere Werte erhalten. Zwei derartige Analysen lasse ich hier folgen:

I. Menge des salzsauren Glutinpeptons 1,353 g.

Die in der Vorlage befindlichen 50 ccm Normalschwefelsäure,

---

1) Paal Loc. cit., p. 1227.

2) Argutinsky: Arch. f. d. ges. Physiologie Bd. 46. p. 581.

in welche das gebildete Ammoniak hinein destillierte, wurden jedesmal mit Wasser auf 500 ccm aufgefüllt, und davon wurden 25 ccm zur Titration verwendet.

Endtiter 18,6 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH, mithin

Titerdifferenz für 25 ccm Destillat $= 6,4$ ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH

„ „ 500 „ „ $= 6,4.20$ „ „ „ „

Nun entsprechen 6,4.20 ccm $^1/_{10}$ NaOH $\frac{6,4.20.14}{10.1000}$ g N $=$ 0,1792 g N.

Es ist also gefunden

für 1,335 g HCl-Pepton 0,1792 g N, d. h.

„ 1,0 „ „ 0,1371 „ „ .

Wird hieraus der Stickstoffgehalt des freien Peptons berechnet, so findet man — den Säuregehalt des HCl-Salzes zu 12,3 % angenommen — für das säurefreie Präparat 15,63 % N.

II. 1,338 g Peptonsalz.

Es wurden 50 ccm des auf 500 ccm aufgefüllten Destillats titriert.

Endtiter 38,7 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH,

also Titerdifferenz 11,3 „ „ „ und

Titerdifferenz für 500 ccm Destillat $= 10.11,3$ ccm $^1/_{10}$ NaOH;

dies entspricht $\frac{14.10.11,3}{10.1000} = 0,1582$ g N.

Es ist also gefunden

für 1,338 g HCl-Pepton 0,1582 g N

„ 1,0 „ „ 0,1182 „ „ und hieraus

„ 1,0 „ freies Pepton 13,47 % N.

Das Paal'sche Pepton hat ausserdem noch einige bemerkenswerte Eigenschaften, welche es von anderen Peptonen unterscheiden. Es ist ein äusserst stark hygroscopisches, aus kleinen Lamellen bestehendes Pulver von nahezu weisser Farbe, das an der Luft nach kurzer Zeit zu einer klebrigen, gummiähnlichen Masse zerfliesst. Von grösstem Interesse ist der Umstand, dass es sich in wasserfreiem Methyl- und Aethylalkohol in jedem Verhältnis und mit Leichtigkeit, ebenso wie in Wasser löst. Die 5 % alkoholische Lösung stellt eine hell gelblich-braune, klare Flüssigkeit dar, aus der sich erst bei längerem Stehen ein geringer flockiger Niederschlag ausscheidet. Beim Neutralisieren dieser stark sauren alkoholischen Lösung mittelst Natronlauge fällt das Pepton teilweise als braune syrupöse Masse aus. Die 5 % wässerige Lösung ist hell gelblich-braun und bleibt bei längerem Stehen

völlig klar; doch siedeln sich nach einiger Zeit ziemlich ausgedehnte Schimmelpilzkulturen darauf an.

Wie Paal angiebt, „wird die wässerige Lösung weder durch Sublimat, noch Ferrocyankalium und Essigsäure, noch von Salpetersäure oder Kochsalz, wohl aber durch Ammonuslfat, wenn auch nicht vollständig, gefällt. Ebenso wie letzteres verhält sich auch Phosphorwolframsäure. Das Salz zeigt ferner die für die Peptone charakteristische Biuretreaction sehr intensiv, dagegen nicht die Adamkiewicz'sche und Millon'sche Reaction."

Bezüglich der hier erwähnten Fällung durch Ammonsulfat, deren Fehlen nach Kühne's Ansicht für die Peptone gerade charakteristisch ist, bemerke ich, dass Paal an einer spätern Stelle seiner Arbeit angiebt, dass diese Eigenschaft nur den säureärmeren Salzen zukomme. Dagegen werden die in Aethylalkohol löslichen, sehr säurereichen Salze, zu denen auch das von Kalle & Co. hergestellte gehört, mit einem Säuregehalt von 12—13 % nicht mehr durch Ammonsulfat aus ihren wässerigen Lösungen gefällt, „dürften also sämtlich als Salze der eigentlichen Peptone nach der Definition Kühne's angesehen werden."

Um ein klares Bild von den Eigenschaften des salzsauren Glutinpeptons zu gewinnen, zog ich zum Vergleich einige Handelspeptone heran, nämlich 1) das Peptonum siccum alcohole praecipitatum Grübler. Es ist ein gelblich weisses Pulver, das sich in Wasser nur langsam löst. Die 5 % wässerige Lösung stellt eine grüngelbliche, trübe Flüssigkeit dar, aus der nach längerem Stehen ein flockiger Niederschlag ausfällt. Die von mir benutzte Lösung wurde filtriert. 2) Das Peptonum siccum e carne Merk; löst sich nur langsam in Wasser. Die 5 % wässerige Lösung ist dunkelbraun, nicht völlig klar. Die benutzte Lösung wurde ebenfalls filtriert.

Diese beiden Peptone sind zu geringem Teil in Alkohol löslich. Es wurde je 1 g des Grübler'schen und des Merk'schen Peptons mit 20 ccm Alkohol (ca. 95 %) übergossen. Dabei blieb das Pepton zum grössten Teil als eine schmierige, braune Masse am Boden des Becherglases haften und löste sich auch nicht beim Erwärmen. Die alkoholische Flüssigkeit wurde abfiltriert, eingedampft und der Rückstand in 10 ccm Wasser gelöst. Diese Lösung zeigt deutliche Biuretreaction und auch sehr deutliche Adamkiewicz'sche Reaction. Mit den 5 % Lösungen dieser

drei Peptone stellte ich nun eine Reihe von vergleichenden Reactionen an, deren Resultat in der nachfolgenden Tabelle verzeichnet ist.

Art der Reaction	Art und Concentration der Lösung		Salzsaures Glutinpepton Paal	Peptonum siccum alcohole praecipit. Grübler	Peptonum siccum e carne Merk
I. Natronlauge + Kupfersulfat (Biuretreaction)	$^1/_2$ % wässerige Lösung		Deutliche Rosafärbung	Deutliche Rosafärbung	Deutliche Rosafärbung
II. Millons Reagens	$^1/_2$ % wässer. Lösung	Kälte	Keine Trübung Keine Rotfärbung	Trübung, Rotfärbung	Trübung, Rotfärbung
		Erwärmen	Keine Trübung. Nach dem Erkalten geringer weisser Niederschlag, der beim Erwärmen wieder verschwindet	Zusammenballen des Niederschlages	Zusammenballen des Niederschlages
III. Eisessig + conc. Schwefelsäure (Adamkiewicz'sche Reaction)	5 % wässerige Lösung		Kein violetter Ring, geringe Rosafärbung	Deutlicher violetter Ring	Die vorhandene Reaction wird verdeckt durch starke Braunfärbung
IV. Sublimat	5 % wässerige Lösung		Sehr geringe weissliche Trübung, die beim Erhitzen wieder verschwindet	Dicker weisser Niederschlag	Dicker weisser Niederschlag
	5 % alkoholische Lösung		Keine Trübung, auch nicht nach längerem Stehen		
	5 % neutralisierte wässerige Lösung		Geringer Niederschlag, der sich beim Erhitzen wieder löst		
V. Gerbsäure 2 %	$^1/_2$ % wässerige Lösung		Kein Niederschlag	Dicker weisser Niederschlag, der sich bei Zusatz von HCl nicht völlig auflöst	Dicker weisser Niederschlag, der sich auf Zusatz von HCl nicht völlig auflöst
	$^1/_2$ % neutralisierte wässerige Lösung		Starker weisser Niederschlag, der sich bei Zusatz von HCl wieder völlig auflöst		
VI. Argentum nitricum	5 % wässerige Lösung		Starker weisser Niederschlag, der sich bei Zusatz von HNO_3 nicht auflöst (Silberchlorid)	Geringe Trübung, die sich durch HNO_3 wieder löst	Sehr geringe Trübung, durch HNO_3 fast völlig wieder gelöst
VII. Phosphorwolframsäure + Salzsäure	$^1/_2$ % wässerige Lösung		Dicker weisser Niederschlag, durch Erhitzen aufgelöst	Dicker weisser Niederschlag, durch Erhitzen aufgelöst	Dicker weisser Niederschlag, durch Erhitzen aufgelöst
VIII. Phosphormolybdänsäure	$^1/_2$ % wässerige Lösung		Dicker gelblich-weisser Niederschlag, durch Erhitzen aufgelöst	Dicker gelblich-weisser Niederschlag, durch Erhitzen aufgelöst	Dicker gelblich weisser Niederschlag, beim Erhitzen aufgelöst
IX. Kochen mit Salpetersäure (Xanthoproteinsäurereaction)	$^1/_2$ % wässerige Lösung		Keine Gelbfärbung	Deutliche Gelbfärbung	Deutliche Gelbfärbung
	$^1/_2$ % neutralisierte wässerige Lösung		Sehr geringe Gelbfärbung	Starke Gelbfärbung	Starke Gelbfärbung

Charakteristisch für das Paal'sche salzsaure Glutinpepton ist also

1) deutliche Biuretreaction,
2) Fehlen der Millon'schen Reaction,
3) Fehlen der Adamkiewicz'schen Reaction,
4) Leichte Löslichkeit in absolutem Alkohol.

Bevor ich zu den Tierversuchen überging, suchte ich zuerst festzustellen, ob nicht etwa schon ausserhalb des Tierkörpers das frische Blut irgend eine Einwirkung auf Pepton hätte. Ich führte deshalb mehrere Versuchsreihen durch, bei denen allen eine gewisse Menge Pepton zu einem gewissen Quantum frischen Rinderbluts gesetzt wurde. Nachdem die Proben 0 bis 24 Stunden teils bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, teils bei Bluttemperatur im Brütofen gestanden hatten, wurde versucht, in ihnen das Pepton wieder qualitativ und quantitativ nachzuweisen. Bei allen diesen Versuchen handelte es sich darum, das Pepton, das dem Blute zugefügt worden war, aus diesem Eiweissgemisch zurückzugewinnen. Zu diesem Behufe musste stets das Blut von seinem Gesamteiweiss befreit werden. Es liegt auf der Hand, dass von dieser Operation in erster Linie das Gelingen der Analysen abhing.

Ehe ich das von mir angewendete analytische Verfahren bespreche, möchte ich kurz an die gebräuchlichsten Methoden der Enteiweissung des Blutes und ähnlicher eiweissreicher tierischer Flüssigkeiten erinnern, wie sie teils zur Bestimmung des Peptongehaltes, teils des Zucker-, Harnstoff- und Harnsäuregehaltes von verschiedenen Forschern angewendet worden sind.

Es wurde zunächst versucht, durch einfaches Aufkochen der eiweisshaltigen Flüssigkeit das Eiweiss zu coagulieren und durch nachheriges Abfiltrieren zu entfernen. Dabei zeigte sich aber, dass auf diese Weise bei weitem nicht alles Eiweiss entfernt wird, dass vielmehr ein grosser Teil in dem Filtrat gelöst bleibt. Beim Blute ist es vor allem der Blutfarbstoff, der in das Filtrat übergeht, wovon ich mich selbst durch mehrere Versuche überzeugen konnte. Ebenso unzuverlässig ist die Ausfällung der Eiweissstoffe durch reinen Alkohol, eine Methode, deren Unzulänglichkeit schon Alex. Schmidt[1]) nachgewiesen hat. Einige brauchbare Methoden

1) Alex. Schmidt, Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie XIII, p. 108.

giebt Hoppe-Seyler[1]) an: durch einfaches Kochen nach vorsichtigem Zusatz von verdünnter Essigsäure erhält man eine flockige Gerinnung der Eiweisskörper. Durch Prüfung des Filtrats mit Ferrocyankalium kann man sich von der völligen Entfernung der Eiweissstoffe mit Ausnahme der Peptone überzeugen. Ein grosser Mangel dieses Verfahrens, den auch Hoppe-Seyler selbst angiebt, ist der, dass die Albuminstoffe sich in überschüssiger Essigsäure lösen, sodass man also mit dem Zusatz der Säure sehr vorsichtig verfahren muss; ausserdem kann auch durch die hohe Temperatur Zersetzung eintreten.

Dieses Verfahren, nur mit der Modification, dass das Blut vor dem Zusatz von Essigsäure mit dem 3—4 fachen Volumen Wasser verdünnt wurde, — eine schon von Claude Bernard geübte Methode — ist z. B. von v. Jaksch[2]) angewandt worden bei seinen Untersuchungen über den Harnsäuregehalt des Blutes. Er bemerkt dabei bezüglich der Eiweissfällung, „dass das Filtrieren ungemein rasch vor sich geht, ebenso wie bei der Verwendung der Schmidt-Mühlheim'schen Methode für das Blut. Nach dem Aufkochen zeigte sich das Filtrat, nach den bekannten Methoden geprüft, fast stets frei von Eiweiss.“ Bei Gegenwart von Acidalbuminen, Propeptonen, Albuminaten oder Caseinen ist diese Methode unzulässig, und Hoppe-Seyler empfiehlt für diese Fälle zur Ausfällung „1) Zusatz eines Ueberschusses von kaltem Alkohol (mindestens 3 Volumen Alkohol auf 1 Volumen Flüssigkeit) oder 2) vorsichtigen Zusatz von Bleiessig, solange Niederschlag entsteht (der Ueberschuss des Reagens löst mehrere Albuminstoffe leicht wieder auf) oder 3) Eintragen von Chlornatrium oder Magnesiumsulfat zur vollständigen Sättigung.“

Ausserdem giebt Hoppe-Seyler noch zwei andere Methoden an, nämlich zur Entfernung von Acidalbumin oder Casein und Albuminaten eine Lösung von essigsaurem Eisenoxyd der Eiweisslösung hinzuzufügen und solange zu kochen, bis das Eisenoxyd als basisches Salz völlig ausgefällt ist. Doch bemerkt er dabei, dass die Lösung des essigsauren Eisenoxyds nur sehr wenig freie Essigsäure enthalten darf, weil sonst dieselben Schädlichkeiten eintreten, wie oben erwähnt.

---

1) Hoppe-Seyler, Handbuch der physiol. u. path. chem. Analyse, 5. Auflage, p. 268.

2) Zeitschrift f. Heilkunde XI. 1890, p. 422.

Statt des essigsauren Eisenoxyds hält er zuweilen für zweckmässiger, eine Mischung von Eisenchlorid und überschüssigem Natriumacetat zu verwenden.

Die erstere dieser beiden zuletzt erwähnten Methoden von Hoppe-Seyler wurde vor allem von Schmidt-Mühlheim[1]) angewandt mit der geringen Modification, dass zu dem essigsauren Eisenoxyd noch ein kleines Quantum von schwefelsaurem Eisenoxyd zugefügt wurde. Er erzielte dadurch, „dass einfach gelöste Eiweisskörper aus dem Inhalt des Verdauungsapparates durch blosses Aufkochen mit dieser Eisenlösung vollständig abgeschieden werden können, ohne dass eine nennenswerte Verunreinigung der Eiweissfiltrate durch die zugefügten Reagentien bewirkt wird, und ohne dass eine Einwirkung dieser Substanzen auf Peptone und krystallinische Zersetzungsprodukte erfolgt. Schon einmaliges Aufkochen der mit der Eisenlösung versetzten Flüssigkeit, für deren geringe Concentration stets Sorge getragen werden muss, macht die Lösung vollkommen eiweiss- und eisenfrei."

Das letzte Hoppe-Seyler'sche Verfahren, Kochen mit Eisenchlorid und Natriumacetat, ist vielfach angewandt worden, namentlich von Hofmeister[2]) zur Entfernung des Eiweisses aus Blut, Eiter und Harn behufs Untersuchung dieser Flüssigkeiten auf Peptone. Der Gang des Verfahrens war z. B. bei den Eiteruntersuchungen folgender:

„Eine abgemessene Menge Eiter wurde mit dem zehnten Teil seines Volumens einer concentrierten Lösung von essigsaurem Natron versetzt und soviel Eisenchlorid hinzugefügt, dass die Flüssigkeit eine blutrote Färbung annahm. Sodann stumpfte man mit Natronlauge bis zur schwach sauren Reaction ab. Die erhaltene Flüssigkeit von dünnbreiiger Consistenz wurde zum Kochen erhitzt, zehn Minuten in lebhaftem Sieden erhalten, nach dem Erkalten filtriert und vom Filtrat ein abgemessener Teil auf dem Wasserbade auf einen geringen Rückstand eingeengt, dann sorgfältig mit wenig Wasser gelöst. Die Lösung wurde zur polarimetrischen Bestimmung des Peptons verwandt." „Dass die Ausfällung der Eiweisskörper nach dem erörterten Verfahren keine

1) du Bois, Archiv f. Physiologie 1879.

2) Zeitschrift f. physiologische Chemie IV p. 271.

merklichen Verluste an Pepton zur Folge hat," davon hat sich Hofmeister durch eigene Versuche überzeugt.

Dasselbe Hoppe-Seyler'sche Verfahren wurde auch von Alex. Poehl[1]) benutzt, der die Flüssigkeit nach dem Abstumpfen mit Alkali nur aufkocht und sogar ein länger fortgesetztes Kochen für nachteilig hält, „da in letzterem Falle die Trennung des Niederschlages, der dabei schleimige Consistenz annimmt, verlangsamt wird. Wenn richtig verfahren worden und Natriumacetat und Eisenchlorid in entsprechender Menge zugefügt ist, muss sich der Niederschlag rasch absetzen und die darüberstehende Flüssigkeit vollkommen klar und farblos erscheinen. Man trennt den Niederschlag durch mit Decantation verbundene Filtration und wäscht den Niederschlag, der mechanisch mitgerissene Mengen von Pepton enthält, mit siedendem Wasser aus, dem man etwas essigsaures Natron zugesetzt hat. Im Falle ins Filtrat nachweisbare Mengen von Eisen übergegangen sein sollten, so behandelt man das Filtrat von neuem mit essigsaurem Natron, kocht wieder auf und filtriert ab. Das Filtrat gibt bei Prüfung mit Ferrocyankalium und Essigsäure schliesslich keine Trübung. Durch Verdampfen engt man das Filtrat mit dem Waschwasser ein und bestimmt hierin das Pepton."

Diese ältere Methode von Hoppe-Seyler mit den Modificationen von Hofmeister und Poehl ist vielfach erprobt und als sehr brauchbar gefunden worden.

Zu erwähnen wäre noch das von Hofmeister[2]) angegebene „Verfahren zur völligen Abscheidung des Eiweisses aus tierischen Flüssigkeiten." Es besteht darin, „dass man zunächst die eiweisshaltige Lösung in der gebräuchlichen Weise (NB. eine bestimmte Methode ist nicht angegeben) von der Hauptmenge des Eiweisses befreit und dann das Filtrat mit Bleihydrat versetzt, einige Minuten im Kochen erhält und wieder filtriert. Die erhaltene Flüssigkeit wird durch Einleiten von Schwefelwasserstoff von gelöstem Blei, durch Aufkochen von überschüssigem Schwefelwasserstoff befreit und erweist sich nun auch den empfindlichsten Reagentien gegenüber als eiweissfrei." Bei Flüssigkeiten, welche schwefelsaure oder phosphorsaure Salze in grosser Menge enthalten, em-

---

1) Inaug.-Diss. Dorpat 1882, p. 33.

2) Zeitschrift f. physiologische Chemie II, p. 288.

pfiehlt Hofmeister „noch einige Tropfen Bleizuckerlösung zuzusetzen. Das Bleioxyd macht nämlich aus den Sulfaten und Phosphaten Alkalien frei, welche, wenn in grösserer Quantität vorhanden, einen, wenn gleich sehr geringen, Anteil des Eiweisses in Form von Albuminat in Lösung erhalten. Zusatz von Bleizucker führt sie in essigsaure Salze über und macht sie so unschädlich." Statt des frisch gefällten Bleioxyds hat Hofmeister auch befriedigende Resultate erhalten mit frisch gefälltem kohlensauren Blei- und Zinkoxyd, sowie mit käuflichem reinen Zinkoxyd. Er wandte diese Methode an bei der Untersuchung der Ascitesflüssigkeit, des Blutes, der Milch, des Hühnereiweisses und des Eiters auf ihren Peptongehalt. Auch bei der Untersuchung des Harns[1]) auf Pepton benutzte er sie, um vorher aus dem Harn etwa vorhandenes Eiweiss vollkommen zu entfernen. Später hat er sie aber zu Gunsten der vorher erwähnten Hoppe-Seyler'schen Methode wieder verlassen.

In neuerer Zeit sind ferner zwei Verfahren angegeben worden, auf die ich hier noch eingehen muss.

Devoto hat in seiner Arbeit[2]) „Über den Nachweis des Peptons und eine neue Art der quantitativen Eiweissbestimmung" die Enteiweissung tierischer Flüssigkeiten folgendermassen ausgeführt: „Man versetzt die betreffende eiweisshaltige Flüssigkeit in einem Becherglas auf 100 ccm mit 80 g krystallisierten Ammonsulfats — das ist soviel Salz, als die Flüssigkeit zur Sättigung in der Kälte braucht — und bringt zunächst das Salz in der Wärme (in einem Wasserbade) unter Rühren und Zerdrücken der Krystalle mit einem Glasstab zur völligen Lösung. Dazu sind 10—15 Minuten erforderlich. Alsdann setzt man das Glas 30—40 Minuten dem Dampf siedenden Wassers aus, worauf die Coagulation vollendet ist. Lässt man das Glas noch länger, bis zwei Stunden, im Dampfe verweilen, so wird das Coagulum dichter und das Filtrieren und Auswaschen gehen schneller von statten." Wichtig für das Verfahren ist, dass das Gelingen der vollständigen Coagulation unabhängig von der Reaction der Eiweisslösung ist. Dieses Verfahren stellt sich als so einfach dar, dass es die übrigen Methoden zu verdrängen bestimmt wäre, wenn es sich bewähren

1) Zeitschrift f. physiologische Chemie IV, p. 268.
2) Zeitschrift f. physiologische Chemie XV p. 465.

sollte. Devoto gibt aber selbst an, dass es für die Enteiweissung des Blutes nicht sicher zu verwerten ist. „Bei der Coagulation des Blutes nach dieser Methode erhält man leicht gefärbte Filtrate, weil das Hämoglobin nicht vollständig coaguliert wird. Doch lässt sich dieses Verfahren auch bei einiger Vorsicht auf den Nachweis von Pepton in bluthaltigen Flüssigkeiten anwenden. Ist nämlich Pepton zugegen, so geht dieses beim Auswaschen des Niederschlages früher in Lösung als der nicht coagulierte Teil des Blutfarbstoffes, und die ersten Filtrate pflegen dann mit Ferrocyankalium und Essigsäure, keine Reaction, aber eine deutliche Biuretfärbung zu geben.“ Auch die Versuche, welche v. Jaksch[1]) mit dieser Methode anstellte, um Pepton im Blut von Leukämischen nachzuweisen, können sie nicht absolut zuverlässig erscheinen lassen. Denn in einem Falle konnte er mit der Hofmeister'schen Methode grosse Mengen von Pepton auffinden, dagegen mit der Devoto'schen nicht. In einem andern Falle dagegen gelang der Nachweis des Peptons mit beiden Methoden gleich gut. „Auch bei der Anwendung beider Methoden auf den Peptonnachweis in den Organen (Leber, Milz) Leukämischer lieferten beide wesentlich differente Resultate. Die Hofmeister'sche Methode zeigte in vielen Fällen Pepton an, in welchen Devoto's Methode kein positives Resultat ergab.“ Devoto selbst gibt auch an einer andern Stelle an, dass es ihm nicht gelang, im Blute Leukämischer mit seiner Methode Pepton nachzuweisen.

Bevor also diese Methode allgemein anerkannt werden kann, bedarf es noch weiterer Nachprüfung bezüglich ihrer Brauchbarkeit[2]).

Die letzte hier noch anzuführende Methode ist das von Abeles[3]) angegebene „Verfahren zur Enteiweissung des Blutes für die Zuckerbestimmung“ mittelst einer alkoholischen Lösung von Zinkacetat.

---

1) Zeitschrift f. physiologische Chemie XVI p. 243.

2) In neuester Zeit hat Robitschek bei einem Fall von Phosphorvergiftung in gleich exacter Weise sowohl nach der Methode Hofmeister's als auch Devoto's Pepton im Harn nachweisen können. (Deutsch. med. Wochenschrift 1893, No. 24.)

3) Zeitschrift f. physiologische Chemie XV p. 495.

Zur Enteiweissung eines gewissen Blutquantums nimmt man nach seiner Vorschrift von absolutem Alkohol das gleiche Volumen, von etwa 95 % etwas mehr und setzt 5 % vom Gewicht des Blutes an Zinkacetat hinzu, sodass auf 1 g Blut stets 0,05 g Zinkacetat kommen. Diese alkoholische Zinklösung stellt eine trübe Flüssigkeit dar, die aber unfiltriert verwandt wird. „Das Blut wird bei dem Contacte mit Alkohol im ersten Augenblick hellrot, nimmt aber schon nach wenigen Minuten eine dunkelbraune bis schwarzbraune Färbung an. Die Coagulation und die Aufschliessung der Blutkörperchen ist erst dann als vollkommen anzusehen, wenn der Niederschlag eine gleichmässig schwarzgraue Masse bildet, in der sich keine roten Blutkörperchen finden.“ Dann wird durch ein mit Alkohol angefeuchtetes Filter filtriert, mit Alkohol nachgewaschen und der Filterrückstand mit der Handpresse ausgepresst und dann nochmals mit Alkohol in einer Reibschale zu einem dünnen Brei angerührt. Das Filtrat hiervon wird mit dem ersten vereinigt. Beide sind meistens etwas trüb. Das Zink, das bei der Titration auf Zucker störend ist, fällt Abeles mit kohlensaurem Natron aus, filtriert nochmals und erhält jetzt völlig klare, farblose Filtrate.

Ohne diese Arbeit von Abeles näher zu kennen und vor allem ohne zu wissen, dass er statt des Zinkacetats auch schon Chlorzink angewendet hatte, suchte ich nach dem unbefriedigenden Resultat der Seite 10 erwähnten Kochversuche die Enteiweissung des Blutes ebenfalls mit einer alkoholischen Chlorzinklösung zu erreichen. Nach mehrfachen Vorversuchen erwies sich mir folgender Gang der Operation als zweckmässig: Das betreffende Blutquantum wurde unter allmählichem Zusatz des gleichen Volumens 1,5 % alkoholischer Chlorzinklösung, welche, wie die Devoto'sche Zinkacetatlösung, stets etwas durch flockige Ausscheidungen getrübt war, in einem Schüttelgefäss stark geschüttelt. Dabei gerann das Eiweiss in ganz kleinen Partikelchen, sodass die ganze Masse völlig dünnflüssig blieb. Die rote Farbe des Blutes wandelte sich in eine dunkelgraubraune um. Von diesem Coagulum wurde die Flüssigkeit an der Wasserstrahlpumpe abgesogen. Das Filtrat stellte eine völlig wasserklare Flüssigkeit ohne jede Spur von Färbung dar. Der Filterrückstand wurde noch einmal in einem grossen Mörser mit Wasser zu einem dünnen Brei tüchtig durchgerührt zur Lösung von etwaigen durch das Coagulum

vorher zurückgehaltenen Peptonmengen, und die ganze Masse wiederum an der Wasserstrahlpumpe filtriert. Beide Filtrate wurden zusammen gegeben und auf dem Wasserbade zu einem mässigen Volumen eingedampft. Dabei schied sich noch eine geringe Menge dunkelbrauner Flocken ab, die durch das Filter hindurchgegangen waren. Dieselben wurden abfiltriert, und nun stellte das Filtrat eine hellgelbliche klare Flüssigkeit dar. Letztere wurde behufs Bestimmung der darin enthaltenen Peptonmenge der weiteren Bearbeitung unterworfen, wie im Folgenden angegeben ist.

Es könnte vielleicht eingeworfen werden, dass durch die zweite Extraction des Filterrückstandes mit Wasser irgendwelche Eiweisskörper aus dem Coagulum, vor allem Albumosen, wieder in Lösung übergeführt worden seien. Um die Berechtigung dieses Einwandes zu prüfen, stellte ich folgende Versuche an: Ich coagulierte mehrere Blutproben von je 100 ccm nach dem obigen Verfahren und verteilte den Filterrückstand in Wasser. Dieser wurde dann entweder sofort wieder aufs Filter geworfen oder erst, nachdem er mit dem Wasser mehrere Stunden (bis zu 19 Stunden) gestanden hatte. Die wässerigen Extracte erschienen stets fast vollkommen wasserklar. Beim Einengen schieden sich jedoch kleine Mengen weisslicher Flocken aus. Diese Flocken bestanden aus zusammengeballten äusserst feinen Eiweisspartikeln, die das Filter passiert hatten. Trotz mehrfacher Filtration gelang es niemals, die Extracte vor dem Eindampfen von diesen fein verteilten Eiweisspartikeln zu befreien.

Alle wässerigen Extracte zeigten mit einer gesättigten Lösung von Ammonsulfat versetzt niemals eine Fällung; beim Kochen mit Salpetersäure ergaben sie eine äusserst schwache Gelbfärbung, welche nur so minimale Spuren von Eiweissstoffen anzeigte, wie sie bei den Stickstoffbestimmungen vernachlässigt werden durften.

In einem letzten Versuch versetzte ich 300 ccm Blut mit 25 ccm einer 5 % wässerigen Lösung von dem albumosenhaltigen Peptonum siccum alcohole praecipitatum Grübler und brachte die Mischung in der gewöhnlichen Weise zur Coagulation. Der Filterrückstand wurde mit 300 ccm Wasser tüchtig durchgerieben und sofort aufs Filter geworfen. Das alkoholische Extract ergab, nach Verjagung des Alkohols mit Ammonsulfatlösung versetzt, eine deutliche Fällung, die aber im Vergleich zu der Ammonsulfatfällung in einer wässerigen Lösung desselben Peptons von

gleicher Concentration bedeutend schwächer war. Es können also in das alkoholische Extract geringe Mengen der durch Ammonsulfat fällbaren Verunreinigungen käuflicher Peptonpräparate übergehen. — Das wässerige Extract zeigte, nachdem es auf ein kleines Volum eingedampft und von geringen Mengen weisslicher Flocken durch Filtration befreit war, auf Zusatz von gesättigter Ammonsulfatlösung keine Fällung. Natürlich ergaben beide Extracte sowohl deutliche Biuretfärbung als auch starke Xanthoproteinsäurereaction.

Nachdem ich so eine Methode der Enteiweissung gefunden hatte, welche so einfach in der Ausführung wie keine der vorher beschriebenen und doch absolut zuverlässig ist, wie durch zahlreiche Proben festgestellt wurde, ging ich zu meiner eigentlichen Arbeit über. Zunächst suchte ich zu ermitteln, indem ich gleichzeitig das beschriebene Enteiweissungsverfahren auf seine Zuverlässigkeit und Genauigkeit erprobte, wie sich Glutinpepton verhält, das in bestimmter Menge einem gewissen Quantum frischen Rinderbluts zugefügt ist. Von Schmidt-Mühlheim ist schon angegeben worden, dass er ausserhalb des Tierkörpers keinen Einfluss des frischen Blutes auf direkt zugefügtes Pepton constatieren konnte. Dies musste ihm um so rätselhafter erscheinen, als nach seiner Annahme das Blut im lebenden Körper die Eigenschaft besitzen sollte, Peptone in Eiweisskörper zu regenerieren. Dass diese Annahme für die bekanntesten Eiweisspeptone nicht zutrifft, haben die Untersuchungen Hofmeister's schon längst nachgewiesen. Über die Einwirkung des Schmidt-Mühlheim'schen hypothetischen Blutferments auf Leimpeptone liegen bisher keine Beobachtungen vor. Mein Bestreben war es daher, festzustellen, ob frisches Blut das Paal'sche Glutinpepton zu verändern imstande sei. Falls das Pepton unangetastet blieb, so musste es sich quantitativ aus der Blutmischung wiedergewinnen lassen.

Der quantitative Nachweis der Peptone ist in der ganzen Peptonchemie eine der schwierigsten Aufgaben. Vielfach ist versucht worden, zuerst aus den eiweissfreien Lösungen die Peptone zu isolieren und dann erst auf irgend eine Weise quantitativ zu bestimmen. Diese Methoden sind alle als nicht sehr zuverlässig zu betrachten, da es kein Fällungsmittel gibt, durch das mit absoluter Sicherheit die ganze in einer Flüssigkeit gelöste Peptonmenge niedergeschlagen wird.

Fast sämtliche Fällungsmethoden geben nur befriedigende Resultate bei einigermassen concentrierten Peptonlösungen, bei sehr verdünnten Lösungen — und solche dürften wohl meistens bei Untersuchungen auf diesem Gebiete in Betracht kommen — versagen sie.

Die Fällung mit absolutem Alkohol [1]) und mit Äther ist nicht exact. Durch Gerbsäure werden die Peptone nur in neutraler oder schwach saurer Lösung niedergeschlagen. Hofmeister [2]) hat die Gerbsäure mehrfach angewendet: „Der durch Gerbsäure erhaltene Niederschlag wird nach 24 Stunden auf dem Filter gesammelt und mit Wasser, dem etwas Gerbsäure und Magnesiumsulfat zugesetzt ist, ausgewaschen. Der Tanninniederschlag wird in einer Schale mit gesättigtem Barytwasser gut zusammengerührt und damit nach Zusatz eines Stückes festen Barythydrats zum Kochen erhitzt. Nach kurzem Kochen filtriert man heiss. Das Filtrat muss farblos und gerbsäurefrei sein. Man entfernt jetzt den überschüssigen Baryt vorsichtig mit Schwefelsäure und engt ein."

Ebenso wandte Hofmeister [3]) die Fällung mit Phosphorwolframsäure an, welche nach seinen Erfahrungen so genau sein soll, dass man noch 0,1 g Pepton aus einem Liter Harn wiedergewinnen kann. Schmidt-Mühlheim [4]) bemerkt inbetreff dieser Fällungsmethode: „Will man das Pepton vollständig ausfällen, so ist es erforderlich, dass die Einwirkung der Phosphorwolframsäure nicht auf gar zu verdünnte Lösungen erfolgt. Während nämlich aus concentrierten Peptonlösungen die Phosphorwolframsäure allein alles Pepton abzuscheiden vermag, gelingt dieses in schwächeren Lösungen nur nach vorherigem Ansäuern mit Salzsäure; sehr verdünnte Lösungen aber sind selbst unter diesen Umständen nicht völlig peptonfrei zu bekommen." Wenn nun diese Fällungsmethoden allein schon nicht zuverlässig sind, so vergrössert sich der schliessliche Fehler noch beträchtlich, falls die quantitative Bestimmung der Peptone in den Lösungen, in welche die aus den Tannin- bezw. Phosphorwolframsäure-Niederschlägen er-

---

1) Mialhe, Jahresberichte d. Fortschr. d. Pharmacie VII, 1846.
2) Zeitschrift f. physiol. Chemie IV, p. 259.
3) Zeitschrift f. physiol. Chemie IV, p. 260.
4) du Bois, Archiv f. Physiologie 1879, p. 42.

haltenen Peptone übergeführt worden sind, nach der colorimetrischen Methode geschieht. Das colorimetrische Verfahren zur Peptonbestimmung gründet sich auf die den Peptonen eigentümliche Biuretreaction und ist nur anzuwenden auf Flüssigkeiten, welche nicht gefärbt erscheinen; also verbietet sich z. B. ihre direkte Anwendung auf die Peptonbestimmung im Harn schon von selbst. Es ist freilich versucht worden, für diesen Zweck die Harnfarbstoffe zu entfernen. Doch gehen durch die Mittel, welche hierzu verwandt werden, stets auch gewisse Peptonmengen verloren. Bei der Tierkohle, dem gebräuchlichsten Entfärbungsmittel, ist der Verlust an Pepton so gross, dass Schmidt-Mühlheim, welcher stets vor Anstellung der Biuretreaction den Harn damit entfärbte, der Peptongehalt des Harnes bei seinen Tierversuchen vollkommen entgangen ist. So ist es erklärlich, dass er zu der falschen Ansicht von der peptonumwandelnden Kraft des lebenden Blutes kam. Durch Bleizuckerlösung, welche Schulze und Barbieri[1]) zuerst zur Entfärbung empfahlen, werden ebenfalls geringe Mengen von Pepton niedergerissen.

Die colorimetrische Methode, aus der Intensität der Biuretreaction auf den Peptongehalt der Lösung zu schliessen, ist vor allem von Schmidt-Mühlheim und Hofmeister ausgebildet worden. Der erstere[2]) bereitete sich eine Vergleichslösung auf folgende Weise: „Eine gewogene Portion Pepton wird in Wasser gelöst, mit Natronlauge und so lange mit Kupfersulfat versetzt, bis die anfängliche weinrote Farbe eben erkennbar ins Blaue zu schimmern beginnt. Dann wird das Gemenge durch Wasserzusatz soweit verdünnt, dass 3000 ccm Flüssigkeit 1 g Pepton enthalten. Bei der Peptonbestimmung wird dann die zu untersuchende Flüssigkeit in ähnlicher Weise behandelt, bis zur gleichen Farbenintensität verdünnt und aus dem Volumen die Menge berechnet." Hofmeister's[3]) Verfahren weicht hiervon etwas ab: „Durch Kupfersulfat- und Natronlaugezusatz zu Peptonlösungen von genau bekanntem Gehalt wird eine Art Farbenscala hergestellt, mit der die auf Pepton zu untersuchende Flüssigkeit nach Zusatz von Kupfervitriol und Natronlauge auf ihre Färbung in gleich dicken

1) Chem. Centralblatt 1881, p. 714.
2) du Bois, Archiv f. Physiologie 1880, p. 33.
3) Zeitschrift f. physiol. Chemie IV, p. 272 u. V, p. 134.

Schichten verglichen werden. Leider ändert die Scala beim Stehen allmählich ihren Farbenton."

Beide Forscher geben an, dass sie mit ihren Methoden nach längerer Übung, welche zur Unterscheidung von so geringen Farbenabstufungen nötig ist, sehr gute Resultate erzielt haben. Immerhin ist das Verfahren ziemlich schwierig zu erlernen und auch zu sehr abhängig von dem subjektiven Urteil des Untersuchers. Hoppe-Seyler[1]) sagt davon: „Die Biuretreaction zur quantitativen Bestimmung zu verwenden, ist mehrfach versucht; diese Methode ist durchaus zu verwerfen."

Die polarimetrische quantitative Bestimmung der Peptone, die bekanntlich optisch aktiv sind, wurde auch von Hofmeister angewandt. Er benutzte dazu teils die Filtrate der enteiweissten Lösungen direkt, teils fällte er hieraus erst die Peptone, wie schon oben angegeben, mit Phosphorwolframsäure aus, löste sie in Wasser wieder auf und bestimmte erst in diesen Lösungen den Peptongehalt polarimetrisch. Derartige Bestimmungen können aber nicht eher einwandsfreie Ergebnisse liefern, als nicht die specifische Drehung der einzelnen Peptone genau ermittelt ist. Vorläufig steht nur soviel fest, dass die verschiedenen Peptone verschieden drehende Kraft haben.

Da mir keine der angeführten Methoden zuverlässig genug erschien, so hielt ich es für geboten, ein exacteres Verfahren noch zu Hilfe zu nehmen, nämlich den Peptongehalt der eiweissfreien Blutextracte aus ihrem Stickstoffgehalt zu ermitteln. Dies versprach gute Resultate, da ich jederzeit imstande war, durch Controllversuche den Stickstoffgehalt meines Präparates zu prüfen. Dabei war natürlich noch zu beachten, dass ein Extract aus einem Blutcoagulum von vornherein stickstoffhaltige Verbindungen (Harnstoff, Kreatinin u. a.) enthält. Dieser ursprüngliche Stickstoffgehalt des Blutextractes war daher bei den Stickstoffbestimmungen in Extracten von peptonhaltigem Blut in Anrechnung zu bringen. Ich lasse jetzt die Ergebnisse meiner Untersuchungen über das Verhalten des Peptons im frischen Blute ausserhalb des Tierkörpers folgen.

Für den qualitativen Nachweis konnte in jedem Falle die

---

1) Sein Handbuch 5. Aufl., p. 392.

Biuretprobe als entscheidend gelten, zur quantitativen Bestimmung bediente ich mich folgender drei Methoden:

1) Colorimetrische Bestimmung mittelst der Biuretreaction, welche bei vergleichender Beobachtung der Farbenintensität unter gleichen Bedingungen immerhin Unterschiede im Peptongehalt zu erkennen gestattet.

2) Direkte Zurückgewinnung des Peptons und Bestimmung desselben durch Wägen.

3) Berechnung des Peptons aus dem nach Kjeldahl gefundenen Stickstoffgehalt.

1. Versuchsreihe.

In 8 Reagensgläsern werden je 12 ccm frisches Rinderblut mit je 3 ccm 5% wässeriger Lösung des salzsauren Glutinpeptons versetzt. Die Mischungen bleiben bei Zimmertemperatur verschieden lange Zeit stehen und werden dann aufgearbeitet und zwar No. 1 sofort nach dem Zusammengeben, No. 2 nach $^1/_4$ Stunde, No. 3 nach $^1/_2$ Stunde, No. 4 nach 1 Stunde, No. 5 nach 2, No. 6 nach 4, No. 7 nach 18 und No. 8 nach 24 Stunden. Nachdem sie alle in der gleichen Weise nach der oben angegebenen Methode von dem Eiweiss befreit sind und aus den alkoholischen Extracten der Blutcoagula das Chlorzink mittelst Natriumcarbonat ausgefällt ist, werden stets gleiche Quanta der wasserklaren Flüssigkeiten mit gleichen Mengen Natronlauge und Kupfersulfat versetzt.

Dabei zeigt sich in allen Proben deutliche Biuretreaction. Es scheint aber, dass in den letzten (No. 7 und 8) die Rosafärbung schwächer ist, als in den ersten Proben, doch ist der Unterschied nicht so prägnant, um mit Sicherheit eine Abnahme des Peptongehaltes erkennen zu lassen.

2. Versuchsreihe.

Während bei der ersten Versuchsreihe das salzsaure Glutinpepton verwendet wurde, kam bei dieser und den nun folgenden eine mittelst Natronlauge fast vollkommen neutralisierte Lösung desselben Peptons in Anwendung. Ich neutralisierte die Peptonlösung deshalb, weil es andernfalls möglich gewesen wäre, dass infolge der Anwesenheit von Salzsäure aus dem Eiweiss des Blutes

Pepton resp. peptonähnliche Körper entstehen konnten, zumal bei der jetzt angewandten erhöhten Temperatur.

Es wurden also in 10 Reagensgläsern je 12 ccm Blut mit 3 ccm 5 % fast neutraler wässeriger Peptonlösung versetzt und bei einer Temperatur von 30°—35° C. im Brütofen verschieden lange Zeiträume stehen gelassen. No. 1 wurde sofort nach dem Zusammengeben der Peptonlösung und des Blutes, die beide auf eine Temperatur von 35° C. gebracht waren, aufgearbeitet, No. 2 nach 1/4 Stunde, No. 3 nach 1/2 Stunde, No. 4 nach 1 Stunde, No. 5 nach 2 Stunden, No. 6 nach 4, No. 7 nach 18, No. 8 nach 20, No. 9 nach 24 Stunden. No. 10 enthielt Blut, das erst, nachdem es 24 Stunden bei 35° C. gestanden hatte, mit Pepton versetzt worden war.

Die Reihe zeigte bei der gleichen Prüfungsmethode wie bei der vorigen folgendes Resultat: Die Biuretreaction ist in allen 10 Proben deutlich vorhanden. In den Proben 1—6 ist fast gar kein Unterschied; in den Proben 7—9 scheint die Rosafärbung etwas mehr ins Bläuliche überzugehen. Aber diese Verfärbung ist zu wenig hervorstechend, als dass sie für eine Abnahme des Peptongehaltes sprechen könnte. In Probe 10 fällt die Reaktion nicht stärker aus als in den übrigen.

3. Versuchsreihe.

Die Anwendung der Biuretreaction in den beiden ersten Versuchsreihen hatte so viel erkennen lassen, dass eine erhebliche Abnahme des Glutinpeptons durch die Einwirkung frischen Blutes jedenfalls nicht herbeigeführt wird. Da ich aber das colorimetrische Verfahren doch nicht für geeignet hielt, um mein Urteil darauf zu gründen, so versuchte ich nunmehr das zu einer gewissen Menge von Blut zugefügte Pepton wieder zu gewinnen und durch direkte Wägung eine ev. Abnahme desselben zu bestimmen.

Zu diesem Zwecke wurden 6 kleine Kolben mit je 100 ccm frischen Bluts und 10 ccm der 5 % wässerigen, fast neutralen Peptonlösung beschickt, sodass also auf 100 ccm Blut immer 0,5 g Pepton kamen. Die Kolben blieben wiederum bei einer Temperatur von 35° C. im Brütofen verschieden lange Zeit stehen und wurden dann aufgearbeitet, und zwar No. 1 nach 5 Stunden, No. 2 nach 7, No. 3 nach 15, No. 4 nach 18, No. 5 nach 22 und No. 6 nach 24 Stunden.

Eine kürzere Dauer der Einwirkung als 5 Stunden wählte ich bei dieser Versuchsreihe nicht, weil, wenn überhaupt eine Abnahme des Peptongehaltes eintritt, diese nach längerer Zeit erst recht zu bemerken sein musste.

Alle 6 Portionen wurden in der gleichen Weise nach derselben Methode wie früher coaguliert, filtriert, der Filterrückstand mit Wasser tüchtig durchgerieben und nochmals abfiltriert. Die beiden wasserklaren Filtrate wurden zusammengegeben, eingedampft auf ungefähr 30 ccm und dann von geringen Mengen ausgeschiedener Flocken abfiltriert. Das Filtrat wurde nach Ausfällung des Zinks mittelst Natriumcarbonat völlig eingedampft und der gelblich-bräunliche, schmierige Rückstand zur Lösung des Peptons mit Alkohol extrahiert [1]). Das alkoholische Extract wurde auf einem Uhrglase bis zur Trockne eingedunstet, im Luftbade bei 105° völlig getrocknet und dann gewogen.

No.	Das Peptonblut stand im Brütofen	Gewicht des Peptonrückstandes
I	5 Stunden	0,793 g
II	7 „	1,030 „
III	15 „	0,943 „
IV	18 „	0,876 „
V	22 „	0,997 „
VI	24 „	1,909 „

Aus diesen Resultaten ergibt sich, dass in allen Fällen bedeutend mehr als 0,5 g d. i. die Menge des ursprünglich zugefügten Peptons gefunden wurde. Es mussten also ausser dem Pepton noch andere Substanzen in das alkoholische Extract über-

1) Es wurde hier leider versäumt, den Rückstand vor der Extraction mit Alkohol erst mit conc. Salzsäure anzufeuchten. Wenn ein Teil des Peptonchlorhydrats durch die Behandlung des Filtrats mit Natriumcarbonat in freies Pepton übergeführt war, so konnte diese Menge freien Peptons nicht in das alkoholische Extract des Rückstandes übergehen. Das Peptonchlorhydrat wird zwar durch Natriumcarbonat keineswegs glatt gespalten, bleibt aber auch nicht intact.

gegangen sein, vor allem also die alkohollöslichen Extractivstoffe des Blutes noch nicht ausgefällte Mengen von Chlorzink u. s. w.

Zur Beseitigung der Verunreinigungen wurde jeder gewogene Peptonrückstand von dem Uhrglase mit Wasser abgespült, die Lösung zur Fällung des Zinkchlorids noch einmal mit Natriumcarbonat versetzt, alsdann filtriert und das klare Filtrat zur Trockne gebracht. Der Rückstand wurde mit einigen Tropfen Salzsäure betupft zur Überführung des freien Peptons in salzsaures Salz, das ja in Alkohol leicht löslich ist. Beim Übergiessen mit HCl färbten sich die Proben No. 1, 2 und 5 dunkelbraunrot. Alle wurden darauf nochmals eingetrocknet und dann mit Alkohol extrahiert. Dabei löste sich von der trocknen Masse nur äusserst wenig. Sie wurde gründlich mit dem Glasstab durchgerieben und der Alkohol abfiltriert. Die Filtrate waren wasserhell, bis auf die von den Proben No. 1, 2 und 5. Die alkoholischen Extracte der Proben No. 3, 4 und 6 zeigten schwache, aber deutliche Biuretreaction und keinen Unterschied inbetreff der Intensität derselben, während bei den dunkelbraunroten alkoholischen Extracten der Proben No. 1, 2 und 5 die ebenfalls vorhandene schwache Biuretreaction durch die dunkle Färbung der Flüssigkeit beeinträchtigt wurde. Es enthielten also alle 6 Portionen Pepton.

Die nach der letzten Extraction mit Alkohol zurückgebliebenen Reste lösten sich leicht in Wasser und zeigten, wie bei einigen dieser Reste nachgewiesen wurde, deutliche und starke Biuretreaction: es ist also bei der geschilderten Aufarbeitung nicht alles Pepton in das alkoholische Extract übergegangen.

Dem entsprechen auch die Resultate der Wägungen, welche mit den völlig eingedampften und getrockneten Rückständen der alkoholischen Extracte vorgenommen wurden.

No.	Das Peptonblut stand im Brütofen	Gewicht des Peptonrückstandes
I	5 Stunden	0,195 g
II	7 „	0,121 „
III	15 „	0,053 „
IV	18 „	0,067 „
V	22 „	0,196 „
VI	24 „	0,148 „

Es ergibt sich aus diesen Werten, welche in keinem Falle nicht einmal $^2/_5$ der zugeführten Peptonmenge betragen, dass das Pepton durch Alkohol nicht zuverlässig aus dem Rückstande eines Blutextractes wieder gewonnen werden kann. Ferner aber lässt sich aus ihnen das schliessen, dass eine mit der Dauer der Einwirkung des Blutes auf Pepton regelmässig fortschreitende Abnahme der Peptonmenge, wenigstens für eine 5–24stündige Einwirkungsdauer, nicht eintritt.

4. Versuchsreihe.

Da auch die in der vorhergehenden Versuchsreihe unternommene quantitative Bestimmung des Peptons durch direkte Wägung der zurückgewonnenen Menge nicht zu einem befriedigenden Resultate geführt hatte, so wurde zu einer Methode übergegangen, welche zuverlässige Resultate versprach, nämlich zur Berechnung des Peptongehalts des eiweissfreien alkoholischen Extractes aus seinem — nach Kjeldahl bestimmten — Stickstoffgehalt.

Es wurden gleichzeitig 6 Kolben mit je 300 ccm frischen Rinderbluts beschickt und mit 20 ccm 5 % neutralisierter wässeriger Peptonlösung versetzt, so dass also auf 300 ccm Blut 1 g Pepton kam. Diese Kolben blieben wieder verschieden lange Zeit bei 35° C. im Brütofen stehen und wurden dann in der gleichen Weise wie früher aufgearbeitet, und zwar No. 1 sofort nach dem Zusammengeben des Blutes und der Peptonlösung, No. 2 nach 4 Stunden, No. 3 nach 6, No. 4 nach 12, No. 5 nach 18, No. 6 nach 24 Stunden. Ferner wurden 3 Kolben mit je 300 ccm Blut ohne Zusatz von Pepton in der gleichen Weise aufgearbeitet zur Bestimmung des Stickstoffgehaltes des alkoholischen Extractes der gleichen — peptonfreien — Blutmenge bei derselben Methode der Enteiweissung. Der hierbei erhaltene Stickstoff musste dann von dem Stickstoff der Peptonblutextracte abgezogen werden. Die Enteiweissung geschah bei allen Proben in der gleichen Weise nach der obigen Methode. Eine Ausfällung des Chlorzinks aus den erhaltenen Filtraten wurde unterlassen, da die Anwesenheit desselben in keiner Weise die Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl beeinflussen konnte. Bei der Untersuchung der Filtrate auf Eiweiss durch Zusatz von Essigsäure und Ferrocyankalium zeigte sich ein dicker Niederschlag, der zuerst als Eiweiss imponierte, aber sich bei näherer Prüfung als Ferrocyanzink herausstellte.

Bei Zusatz von Sublimat wurde kein Niederschlag resp. Trübung erhalten. Auch andere Eiweissproben gaben ein negatives Resultat.

Alsdann wurden die Filtrate völlig eingedampft, die Rückstände mit 1—2 ccm concentrierter HCl übergossen, mit 25—30 ccm Alkohol verrieben und auf ein kleines Filter gebracht. Die Filterrückstände wurden mit Alkohol so lange ausgewaschen, bis sie ein völlig weisses Pulver darstellten. Die klaren Filtrate wurden nunmehr auf wenige Kubikcentimeter eingeengt, mit concentrierter Phosphorschwefelsäure [1]) aufgenommen und nach der Methode von Kjeldahl-Argutinsky weiter verarbeitet. Bei allen Stickstoffbestimmungen wurde das Ammoniak in 50 ccm Normalschwefelsäure geleitet. Diese wurden auf 500 ccm mittelst Wasser aufgefüllt und davon stets 25 ccm mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge titriert.

Bestimmung des N-Gehaltes in den Blutproben ohne Peptonzusatz.

Es wurden 3 Bestimmungen gemacht und jedesmal je 300 ccm Blut verwandt. Die Aufarbeitung geschah stets in der gleichen Weise wie früher. Der Endtiter betrug bei allen 3 Bestimmungen gleichmässig 23,2 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge.

Titrierte Menge	25,0	ccm
Endtiter	23,2	„
Titerdifferenz für 25 ccm	1,8	„
„ „ 500 „	= 20 . 1,8	„

1,8 . 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{14 . 1,8 . 20}{10 . 1000} = 0,0504$ g N.

Es sind also bei allen Blutproben mit Peptonzusatz stets von den erhaltenen Stickstoffmengen 0,0504 g N als Stickstoffgehalt der Extractivstoffe von 300 ccm Blut in Abzug zu bringen, resp. die hier erhaltene Titerdifferenz von 1,8 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH für 25 ccm des auf $^1/_2$ Liter aufgefüllten Destillats ist gleich zu

---

1) Argutinsky hat für Kjeldahl'sche Stickstoffbestimmungen zur Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Substanz eine Schwefelsäure empfohlen, welche auf 1 Liter reiner englischen H_2SO_4 200 g P_2O_5 enthält. cfr. Pflüger's Archiv XLVI, p. 581.

subtrahieren von der Titerdifferenz, die bei einer Peptonblutprobe für 25 ccm des auf $^1/_2$ Liter aufgefüllten Destillats gefunden wird.

Im Folgenden ist diese Titerdifferenz von 1,8 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH stets als „Blutdifferenz" bezeichnet.

Bestimmung des N-Gehaltes in den Blutproben mit Peptonzusatz.

Die verwandte Blutmenge betrug stets 300 ccm.
„ „ Peptonmenge betrug stets 1 g.

No. I.

Pepton-Blutmischung im Brütofen 0 Stunden

Titrierte Menge	25,0 ccm
— Endtiter	18,7 „
	6,3 „
— Blutdifferenz	1,8 „
Titerdifferenz für 25 ccm	4,5 „
„ „ 500 „	4,5 . 20 ccm

4,5 . 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{14 \cdot 4{,}5 \cdot 20}{10 \cdot 1000} = 0{,}1260$ g N.

Gefunden also

für 1,0	g	HCl-Pepton	0,1260	g	N
„ 0,877	„	freies „	0,1260	„	„
„ 1,0	„	„ „	0,1436	„	„

No. II.

Pepton-Blutmischung im Brütofen 4 Stunden

Titrierte Menge	25,0 ccm
— Endtiter	19,4 „
	5,6 „
— Blutdifferenz	1,8 „
Titerdifferenz für 25 ccm	3,8 „
„ „ 500 „	3,8 . 20 ccm

3,8 . 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{14 \cdot 3{,}8 \cdot 20}{10 \cdot 1000} = 0{,}1064$ g N.

Gefunden also

für 1,0	g	HCl-Pepton	0,1064	g	N
„ 0,877	„	freies „	0,1064	„	„
„ 1,0	„	„ „	0,1213	„	„

No. III.

Pepton-Blutmischung im Brütofen 8 Stunden

Titrierte Menge	25,0 ccm
— Endtiter	19,2 „
	5,8 „
— Blutdifferenz	1,8 „
Titerdifferenz für 25 ccm	4,0 „
„ „ 500 „	4,0 . 20 ccm

4,0 . 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{14 \cdot 4{,}0 \cdot 20}{10 \cdot 1000} = 0{,}1120$ g N.

Gefunden also

für	1,0 g	HCl-Pepton	0,1120	g N
„	0,877 „	freies „	0,1120	„ „
„	1,0 „	„ „	0,1277	„ „

No. IV.

Pepton-Blutmischung im Brütofen 12 Stunden

Titrierte Menge	25,0 ccm
— Endtiter	19,2 „

wie bei No. III.

Also auch gefunden

für	1,0 g	HCl-Pepton	0,1120	g N
„	0,877 „	freies „	0,1120	„ „
„	1,0 „	„ „	0,1277	„ „

No. V.

Pepton-Blutmischung im Brütofen 18 Stunden

Titrierte Menge	25,0 ccm
— Endtiter	19,0 „
	6,0 „
— Blutdifferenz	1,8 „
Titerdifferenz für 25 ccm	4,2 „
„ „ 500 „	4,2 . 20 ccm

4,2 . 20 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{14 \cdot 4{,}2 \cdot 20}{10 \cdot 1000} = 0{,}1176$ g N.

Gefunden also

für	1,0 g	HCl-Pepton	0,1176	g N
„	0,877 „	freies „	0,1176	„ „
„	1,0 „	„ „	0,1329	„ „

No. VI.

Pepton-Blutmischung im Brütofen 24 Stunden
Titrierte Menge . . . . . . 25,0 ccm
Endtiter . . . . 19,4 „
wie bei No. II.

Also auch gefunden
für 1,0 g HCl-Pepton 0,1064 g N
„ 0,877 „ freies „ 0,1064 „ „
„ 1,0 „ „ „ 0,1213 „ „

Vergleichende Tabelle der Pepton-Blutproben aus Versuchsreihe No. IV.

No.	Pepton-Blutmischung	Aufenthalt der Mischungen im Brütofen	N-Gehalt in g	
			gefunden für 1 g HCl-Pepton	berechnet für 1 g freies Pepton
I	300 ccm Blut +1 g HCl Pepton	0 Stunden	0,1260 g	0,1436 g
II	„ „	4 „	0,1064 „	0,1213 „
III	„ „	8 „	0,1120 „	0,1277 „
IV	„ „	12 „	0,1120 „	0,1277 „
V	„ „	18 „	0,1176 „	0,1329 „
VI	„ „	24 „	0,1064 „	0,1213 „

Aus dieser Versuchsreihe geht mit Sicherheit hervor, dass das frische defibrinierte Blut ausserhalb des Tierkörpers keinen Einfluss auf das Paal'sche Glutinpepton hat; denn die erhaltenen Werte differieren unter einander so wenig, dass diese Unterschiede allein auf Rechnung der Analyse zu setzen sind.

Da gegen diese Auffassung wohl kaum etwas einzuwenden sein dürfte, so zeigen die oben zusammengestellten Resultate auch gleichzeitig den Grad der Genauigkeit und Sicherheit der angewandten analytischen Methode an. Beim Vergleich mit meinen Stickstoffbestimmungen im Paal'schen Glutinpepton erscheinen die Resultate der Blutversuche ziemlich günstig; denn die Differenz zwischen dem mittleren Wert meiner Peptonanalysen und dem der Stickstoffbestimmungen der Blutversuche beträgt nur 1,64 %. Vielleicht lässt sich bei sehr exacter Ausführung sowohl der Ent-

eiweissung als auch der nachherigen Stickstoffbestimmung dieser Fehler nicht unerheblich verkleinern. Es wäre z. B. schon besser gewesen, wenn ich nicht 25 ccm des Destillats jedes Mal titriert hätte, sondern 50 ccm, da sich dann schon allein die etwaigen Titrationsfehler wesentlich niedriger gestellt hätten.

Tierversuche.

Bei den Tierexperimenten, zu denen ich jetzt übergehe, stellten sich der Anwendung des beschriebenen analytischen Verfahrens noch einige Schwierigkeiten entgegen, deren ich hier Erwähnung thun muss, damit die von mir angegebenen Resultate richtig beurteilt werden können.

Die Aufgabe, welche mir gestellt war, lautete: Einem Tiere (Kaninchen und Hund) wird die Lösung einer bestimmten Menge Paal'schen Peptons in die Blutbahn infundiert, und nach Verlauf gewisser Zeiträume wird das Blut auf seinen Peptongehalt geprüft, entweder indem kleinere Blutproben zur Analyse entnommen werden, oder indem das Tier durch Verbluten getötet und das gesamte Blut zur Peptonbestimmung verwertet wird. Die Analysen sollen ermitteln, ob und in welcher Zeit das Glutinpepton aus dem Blut verschwindet. Falls sich eine rasche Abnahme des Peptongehalts im Blut constatieren lässt, so ist weiterhin der Nachweis zu versuchen, ob das Pepton in die Gewebe und Körpersäfte übergetreten ist.

Bei den ersten Versuchen zeigte es sich, dass man durch einfaches Eröffnen der Carotiden nur einen kleinen Teil der gesamten Blutmenge des Tieres erhält; z. B. erhielt ich auf diese Weise von einem Kaninchen von 1650 g Lebendgewicht nur 30 ccm Blut, während die Gesamtblutmenge, zu $^1/_{14}$ vom Körpergewicht angenommen, fast 120 ccm beträgt. Die Stickstoffbestimmung in dem alkoholischen Extract einer so kleinen Blutprobe lässt sich nicht genau genug ausführen, da bei so kleinen Titerdifferenzen, wie man sie dabei erhält, es sehr schwer ins Gewicht fällt, wenn die Grenze des Farbenumschlages auch nur zwischen 1 und 2 Zehntelkubikcentimetern schwankt. Wird dann ein nicht ganz richtiger Wert auf die Gesamtblutmenge durch Multiplication übertragen, so wächst natürlich der Fehler ganz erheblich. Noch unsicherer stellt sich die Berechnung eines Versuchs, wenn man, wie ich es

auch einige Male gethan habe, zur Herausspülung des Blutes physiologische Kochsalzlösung durch eine Vene infundiert hat. Dann ist natürlich die erhaltene Blutflüssigkeit bedeutend grösser; wie gross aber dann die Beimengung an Kochsalzlösung ist, lässt sich höchstens annäherungsweise schätzen. Es ist deshalb unmöglich, mit einiger Genauigkeit den hierbei für einen Bruchteil der Blutflüssigkeit erhaltenen Wert auf das Gesamtblut umzurechnen. Diese Verhältnisse müssen bei allen derartigen Angaben, also auch bei den meinigen, inbetracht gezogen werden. Ich lasse hier zunächst drei Versuche folgen, bei denen ich nur den Stickstoffgehalt der alkoholischen Extracte von Kaninchenblut zu bestimmen suchte, der eventuell bei den späteren Peptoninjectionen von den dort erhaltenen Werten in Abzug zu bringen wäre. Diese ersten Tierversuche benutzte ich zugleich, um daran die für derartige Experimente erforderliche Technik zu erlernen.

Bestimmung des Stickstoffs im alkoholischen Extract vom Kaninchenblut.

I.

Kaninchen A. Lebendgewicht 1650 g.

Behufs Entnahme des Blutes wurde die A. carotis freigelegt und in dieselbe eine Glaskanüle eingebunden, aus der ich das Blut einfach ausfliessen liess. Das Blut wurde bei fast allen Tierversuchen stets in der gleichen Weise sofort in einem Schüttelcylinder, der eine dem zu entnehmenden Blutquantum gleiche Menge 1,5 % alkoholischer Chlorzinklösung enthielt, aufgefangen. Dabei konnte ich auch die Beobachtung machen, die schon Abeles mitgeteilt hat, dass das Blut zuerst hellrot wurde beim Contact mit dem Alkohol. Bald aber färbte es sich ebenso, wie früher schon bei der Coagulation des Rinderblutes angegeben, dunkelbraun und coagulierte ebenfalls zu einem ganz dünnflüssigen Brei. Die weitere Verarbeitung geschah bei allen Tierversuchen in derselben Weise wie bei den früheren Versuchen; auch die Stickstoffbestimmung wurde in der gleichen Weise vorgenommen, nur titrierte ich jetzt jedes Mal 50 ccm von dem auf $^1/_2$ Liter aufgefüllten Destillat.

Menge des beim Verbluten des Kaninchens A erhaltenen Blutes . . . . 30 ccm

Endtiter für 50 ccm Destillat 49,2 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
Titerdifferenz „ 50 „ „ 0,8 „ „ „
„ „ 500 „ „ 0,8 . 10 „ „ „

0,8 . 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{0{,}8 \cdot 10 \cdot 14}{10 \cdot 1000}$
$= 0{,}0112$ g N.

II.

Kaninchen B. Lebendgewicht 1650 g.

Die Entnahme des Blutes geschah auch aus der A. carotis, doch wurde während des Verblutens durch eine in die V. jugularis externa eingebundene Kanüle physiologische Kochsalzlösung infundiert, sodass die erhaltene Blutmenge als mit dieser gemischt anzusehen ist.

Blutmenge . . . . 80 ccm

Endtiter für 50 ccm Destillat 48,0 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
Titerdifferenz „ 50 „ „ 2,0 „ „ „
„ „ 500 „ „ 2,0 . 10 „ „ „

2,0 . 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{2{,}0 \cdot 10 \cdot 14}{10 \cdot 1000}$
$= 0{,}0280$ g N.

III.

Kaninchen C. Lebendgewicht 2200 g.

Während des Verblutens aus der A. carotis wurde durch die V. cruralis Kochsalzlösung infundiert. Nach der Eröffnung fand sich im Herzen sehr wässeriges Blut, so dass die erhaltene Blutmenge als ziemlich reichlich mit Kochsalzlösung versetzt gelten muss.

Blutmenge . . . . 132 ccm

Endtiter für 50 ccm Destillat 44,8 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
Titerdifferenz „ 50 „ „ 5,2 „ „ „
„ „ 500 „ „ 5,2 . 10 „ „ „

5,2 . 10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{5{,}2 \cdot 10 \cdot 14}{10 \cdot 1000}$
$= 0{,}0728$ g N.

Versuch Nr.	Lebendgewicht des Kaninchens	Menge des erhaltenen reinen Blutes	Menge des erhaltenen Blutes + Kochsalzlösung	N-gehalt des alkoholischen Blutextractes
I.	1650 g	30 ccm	—	0,0112 g
II.	1650 „	—	80 ccm	0,0280 „
III.	2200 „	—	132 „	0,0714 „

Die Versuche I und II geben fast das gleiche Resultat. In dem Versuch II wurde etwas über die doppelte Stickstoffmenge gefunden, entsprechend der mehr als doppelt so grossen Blutmenge, die dabei zur Untersuchung kam. Der dritte Wert ist aber im Vergleich zu den beiden anderen so beträchtlich grösser, dass man Bedenken tragen muss, aus allen 3 Werten einen mittleren Gehalt des Kaninchenbluts an stickstoffhaltigen Extractivstoffen abzuleiten. Gleichwohl differieren die Ergebnisse des Versuchs I und III nicht so sehr, als es auf den ersten Blick scheinen könnte. Angenommen, Kaninchen A habe $^1/_4$ seines Gesamtblutes abgegeben — bei einem Tier von 1650 g Körpergewicht können nach bekannten physiologischen Regeln 120 ccm Blut als normal angesehen werden —, so würde der Stickstoffgehalt im Extract von seinem Gesamtblut 4 . 0,0112 = 0,0448 g oder auf 1 Kilogr. Körpergewicht $\frac{0,0448}{1,650} = 0,0271$ g betragen. Beim Kaninchen C, dessen Blut fast ganz durch Kochsalzlösung verdrängt worden war, betrug der Extractivstickstoff des erhaltenen Blutes 0,0714 g oder auf 1 Kilogr. Körpergewicht $\frac{0,0714}{2,2} = 0,0323$ g. Diese Zahlen dürfen vielleicht als approximative Angaben noch inbetracht gezogen werden.

Stickstoffgehalt der Extracte vom Kaninchen- und Hundeblut nach Peptoninfusion; Peptongehalt des Harns und der Extracte aus einzelnen Organen.

Bei der Beurteilung der Resultate, die ich bei den Stickstoffbestimmungen der alkoholischen Blutextracte von den Tieren, denen ich Peptonlösung infundierte, erhalten habe, drängen sich die gleichen Erwägungen auf wie bei den vorher erwähnten Kochsalzinfusionen.

Durch die Peptoninfusion, deren Menge zwischen 40—100 ccm schwankte, wird natürlich das Blut bedeutend wasserreicher, so dass auch die erhaltenen Blutportionen bezüglich ihrer Concentration unter einander ziemlich stark differieren dürften.

Was die Technik der Versuche anbelangt, so bemerke ich noch, dass als Infusionsstelle in den meisten Fällen die V. jugularis, einige Male auch die V. cruralis diente. Bei den Infusionen von der Jugularis aus stellte es sich als ein Uebelstand heraus, dass die Peptonlösung, wenn sie, rasch infundiert, auf so kurzem Wege in das Herz gelangte, dort in der Regel Störungen hervorrief. Infusionen in die V. cruralis boten dagegen fast niemals irgendwelche Gefahren, was sich leicht daraus erklärt, dass sich die Peptonlösung auf dem langen Wege von der Schenkelvene bis zum Herzen schon mehr mit Blut gemischt hatte.

Natürlich war es nicht angängig, das stark sauer reagierende salzsaure Salz direkt in die Blutbahn zu bringen. Ich versuchte deshalb zuerst nach der von Paal[1]) angegebenen Methode mittelst Silbersulfat salzsäurefreies Pepton herzustellen. Mit solchem reinen Glutinpepton sind die ersten beiden Kaninchenversuche ausgeführt. Zum Vergleich zog ich auch das ziemlich reine Grübler'sche Pepton (Pepton. sicc. alcohole praecipitat.) heran und führte damit die Versuche III—VI aus, während in allen späteren Versuchen wieder Paal'sches Glutinpepton verwandt wurde, bei dem die Salzsäure einfach durch Zusatz von Natronlauge bis zur schwach alkalischen Reaktion unschädlich gemacht worden war.

Ich gehe jetzt zu den ersten 4 Versuchen über, in denen ich von den alkoholischen Blutextracten Stickstoffbestimmungen machte. Bei den ersten Versuchen verwandte ich nur kleinere Mengen von salzsäurefreiem Glutinpepton, während ich in den beiden nächsten fast die vierfache Menge von Grübler'schem Pepton infundierte. In allen vier Versuchen wurde die Infusion vortrefflich von den Tieren vertragen. Es zeigten sich zwar einige Male eine ziemlich starke Vertiefung und Verlangsamung der Atemzüge, die aber sehr bald vorüberging, sodass die Tiere wieder vollkommen normal erschienen.

---

1) Loc. cit, p. 1280.

I.

I. Kaninchen D. Lebendgewicht 2320 g.

Peptonmenge ca. 1,4 g reines salzsäurefreies Glutinpepton, gelöst in 35 ccm physiologischer Kochsalzlösung.

Dauer der Infusion 10 Minuten.

Entnahme des Gesamtblutes 15—20 Minuten nach vollendeter Infusion aus der Carotis.

Menge des erhaltenen Blutes 51 ccm.

Alkoholisches Blutextract: Keine deutliche Biuretreaction.

Stickstoffbestimmung:

Endtiter für 50 ccm Destillat 48,9 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
Titerdifferenz „ 50 „ „ 1,1 „ „ „
„ „ 500 „ „ 1,1.10 „ „ „

1,1.10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{1,1.10.14}{10.1000} = 0,0154$ g N.

Die Harnblase ist prall gefüllt mit einem stark alkalischen Harn, der ein sehr dickes, unter dem Mikroscop amorph erscheinendes Sediment von anorganischen Salzen enthält, die bei Zusatz von HCl unter reichlicher Gasentwicklung sich völlig auflösen. Der Harn zeigt die Biuretreaction nicht deutlich, da er sehr stark gefärbt ist.

II.

Kaninchen E. Lebendgewicht 1600 g.

Peptonmenge ebenso gross wie in Versuch I. Doch wurde die Alkalescenz der Lösung zuvor durch Zusatz von HCl bis fast zur neutralen Reaction abgestumpft.

Dauer der Infusion 8 Minuten.

Entnahme des Gesamtblutes ca. 20 Minuten nach vollendeter Infusion durch direktes Eröffnen beider Carotiden mittelst Durchschneidung der Weichteile des Halses. Ein Teil des Blutes ging verloren.

Menge des erhaltenen Blutes 23 ccm.

Alkoholisches Blutextract: Keine deutliche Biuretreaction.

Stickstoffbestimmung:

Endtiter für 50 ccm Destillat 48,8 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
Titerdifferenz „ 50 „ „ 1,2 „ „ „
„ „ 500 „ „ 1,2.10 „ „ „

1,2.10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{1,2.10.14}{10.1000} = 0,0168$ g N.

Die Harnblase ist prall mit völlig klarem Urin gefüllt, der nicht weiter untersucht wurde.

III.

Kaninchen F. Lebendgewicht 3000 g.

Peptonmenge: 4 g Pepton Grübler.

Die Entnahme des Gesamtblutes geschah aus der Carotis, während gleichzeitig von der Jugularis aus noch eine geringe Menge physiologischer Kochsalzlösung infundiert wurde.

Während der Peptoninfusion sowohl als während der Blutentnahme gingen geringe Mengen von der Peptonlösung und dem Blute verloren.

Menge des erhaltenen Blutes 145 ccm.

Alkoholisches Blutextract zeigt deutliche Biuretreaction.

Stickstoffbestimmung:

Endtiter für	50	ccm	Destillat	42,3	ccm $^1/_{10}$	Normal-NaOH
Titerdifferenz „	50	„	„	7,7	„ „	„
„ „	500	„	„	7,7.10„	„	„

7,7.10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{7,7.10.14}{10.1000} = 0,1078$ g N.

Der Harn wurde nicht untersucht.

IV.

Kaninchen G. Lebendgewicht 2900 g.

Peptonmenge ebenso gross wie in Versuch III.

Die Infusion der Peptonlösung geschah in die V. cruralis, während in den vorhergehenden Versuchen dazu die V. jugularis externa benutzt worden war.

Entnahme des Gesamtblutes nach ca. 10 Minuten aus der A. carotis wie früher; doch wurde dies Mal keine Kochsalzlösung nachgespült.

Menge des erhaltenen Blutes 97 ccm.

Alkoholisches Blutextract zeigt deutliche Biuretreaction.

Stickstoffbestimmung:

Endtiter für	50	ccm	Destillat	46,0	ccm $^1/_{10}$	Normal-NaOH
Titerdifferenz „	50	„	„	4,0	„ „	„
„ „	500	„	„	4,0.10„	„	„

4,0.10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{4,0.10.14}{10.1000} = 0,0560$ g N.

Der Harn wurde nicht untersucht.

In der folgenden Tabelle ist das Ergebnis dieser vier Versuche übersichtlich zusammengestellt.

Versuch Nr.	Lebendgewicht des Kaninchens	Pepton-Menge	Dauer der Infusion	Entnahme des Blutes nach Vollendung der Infusion nach	Blutmenge	Biuretreaction des alkoholischen Blutextractes	Stickstoffgehalt des alkoholischen Blutextractes
I.	2320 g	c. 1,4 g (Paal)	10 Min.	15—20 Min.	51 ccm	Nicht deutlich	0,0154 g
II.	1600 „	„	8 „	ca. 20 „	23 „	„	0,0168 „
III.	3000 „	4 g (Grübler)	c. 15 „	„ 10 „	145 „ + Kochsalzlösung	deutlich	0,1078 „
IV.	2900 „	„	15 „	„ 10 „	97 „	„	0,0560 „

Aus diesen Zahlen geht mit Sicherheit hervor, dass bei Entnahme des Blutes das injicierte Pepton zum allergrössten Teil schon aus dem Blut verschwunden oder doch in unveränderter Gestalt nicht mehr in demselben vorhanden war. Denn die so kleinen Werte in Versuch I und II, welche in keinem Falle auch bei der Umrechnung auf die annähernd zu schätzende Gesamtblutmenge den Stickstoffgehalt eines Grammes Pepton erreichen, sondern ganz beträchtlich darunter bleiben, sind wohl überhaupt nicht oder nur zum allerkleinsten Teil durch die Anwesenheit von Pepton bedingt; sie geben vielmehr nur den Stickstoffgehalt des peptonfreien alkoholischen Blutextractes an, wie auch der Vergleich mit den frühern Resultaten der Untersuchungen des Kaninchenblutes schliessen lässt. In den Versuchen III und IV, bei denen durch die Biuretreaction sich noch die Anwesenheit von Pepton nachweisen liess, rührt aber auch nur ein Teil des gefundenen Stickstoffs von Pepton her, und da von den Kaninchen F. und G. etwa die Hälfte des Gesamtblutes zur Untersuchung gelangte und trotzdem viel weniger Stickstoff gefunden wurde, als 1 g Pepton, d. i. dem vierten Teil der einverleibten Menge entspricht, so ist auch hier als erwiesen zu betrachten, dass der grösste Teil des infundierten Peptons im Verlauf von 10 Minuten aus der Blutbahn verschwunden war.

Es geht also aus diesen Versuchen klar hervor, dass schon nach kurzer Zeit selbst grössere Peptonmengen, die in die Blutbahn gebracht werden, aus derselben verschwinden. Sobald ich diese Einsicht gewonnen hatte, konnte

mir weniger daran liegen, dieses Verschwinden in seinem zeitlichen Verlauf quantitativ zu verfolgen, als über das Schicksal des Peptons etwas zu erfahren. Es genügte mittelst der Biuretreaction sich zu vergewissern, ob in einem Blutextract Pepton noch vorhanden sei oder nicht. Ich gab deshalb bei den späteren Versuchen die Stickstoffbestimmungen der Blutextracte auf und beschränkte mich allein auf den qualitativen Nachweis des Peptons, während ich mich jetzt dazu wandte, zu untersuchen, wo das aus dem Blut verschwundene Pepton geblieben sei. Wenn man die Hypothese von Schmidt-Mühlheim noch gelten lässt, so musste ich erwarten, dass sich das Pepton in den einzelnen Organen aufspeicherte, um dann allmählich entweder in Eiweiss regeneriert oder bei den Lebensprozessen dieser Organe verbrannt zu werden.

Die daraufhin unternommenen Untersuchungen der Organe waren fast immer von negativem Resultate. Ich prüfte die Leber, grössere Muskelmassen und die Nieren. Alle diese Organe wurden sofort nach der Herausnahme aus dem Körper mit dem Wiegemesser zerkleinert und dann in einem Mörser mit alkoholischer Chlorzinklösung übergossen und stark durchgerieben. Der Brei blieb meist über Nacht stehen. Dann wurde abfiltriert, der Rückstand nochmals mit Wasser tüchtig durchgeknetet und ebenfalls aufs Filter geworfen. Meistens wurden der alkoholische und der wässerige Auszug getrennt weiter geprüft. Es konnte sich hierbei selbstverständlich auch nur um den qualitativen Peptonnachweis mittelst der Biuretreaction handeln. Bei der Untersuchung der Leber fand ich nur einige Male äusserst schwache und auch nicht absolut sichere Biuretreaction. Ich bemerke hier ausserdem, dass die alkoholischen und auch die wässerigen Leberextracte stets ziemlich stark milchig getrübt waren. Beim Eindampfen färbten sie sich zumeist dunkel, so dass die Beobachtung der Farbenreaction beträchtlich erschwert wurde.

Von den Muskeln kam in der Regel die Muskulatur des Oberschenkels und der Hüfte zur Untersuchung. Pepton war nie mit absoluter Sicherheit nachzuweisen. Da aber das verwendete Material nur einen kleinen Teil des gesamten Muskelapparates ausmachte, so werden die Angaben hierüber vielleicht bei Verarbeitung grösserer Muskelmassen etwas zu modificieren sein.

Die Nierenextracte gaben in einigen Fällen deutliche Biuret-

reaction, die aber wohl zum grössten Teil auf den Peptongehalt des Harnes zu beziehen ist, der sich stets in der Niere findet.

Mit dem Harn, auf dessen Untersuchung ich in den spätern Tierversuchen vor allem mein Augenmerk richtete, erhielt ich stets sehr starke Biuretreaction. Die Harnsecretion war in fast keinem Fall sistiert, was Schmidt-Mühlheim bei einigen seiner Versuche angiebt, vielmehr wurden in einigen Fällen sogar ganz enorme Mengen entleert, was ja auch bei dem durch die Infusion beträchtlich erhöhten Wassergehalt des Blutes ganz erklärlich ist. Die Versuche stellten sich im einzelnen folgendermassen dar:

V.

Kaninchen H. Lebendgewicht 1850 g.

Peptonmenge: 6,0 g Pepton Grübler, gelöst in 60 ccm physiologischer Kochsalzlösung. Infusion in die V. jugularis. Das Tier wurde infolge überhasteten Infundierens nach einigen Minuten stark dyspnoisch und starb, nachdem fast die ganze Peptonmenge eingelaufen war, 4 Minuten nach Eintritt der Dyspnoe. Bei der sofort vorgenommenen Obduction zeigte sich das Herz prall gefüllt mit dunkelrotem Blute, das nur langsam gerann. Das Blut aus den grossen Gefässen und dem Herzen wird aufgefangen und in der bekannten Weise auf Pepton untersucht.

Das alkoholische Blutextract zeigt deutliche Biuretreaction.

Die Harnblase ist leer.

Die Nieren werden in der oben angegebenen Weise behandelt. Sowohl das alkoholische als auch das wässerige Nierenextract zeigt deutliche Biuretreaction.

VI.

Kaninchen I. Lebendgewicht 1920 g.

Peptonmenge: 6,0 g Pepton Grübler, in 60,0 ccm physiologischer Kochsalzlösung gelöst. Die Infusion in die V. cruralis dauert 11 Minuten. Dabei scheint das Tier in tiefe Narkose zu geraten. Die Atmung ist jedoch nach Vollendung der Infusion völlig gleichmässig. Nach weiteren 25 Minuten Entnahme von 18 ccm Blut. (Blutprobe I.)

Diese Blutentziehung vertrug das Kaninchen anscheinend ganz gut; Puls und Atmung blieben regelmässig. Aber nach Verlauf von 30 Minuten, während welcher Zeit das Tier unbeaufsichtigt gelassen wurde, fand ich es tot.

Sofort wurde die Section vorgenommen und aus dem Herzen und den grossen Gefässen noch 40 ccm flüssiges Blut erhalten. (Blutprobe II.)

Das Tier hatte bald nach Vollendung der Infusion Harn gelassen. (Harn I.) Nach dem Tode fand sich die Blase wieder prall gefüllt. (Harn II.)

Blutprobe I: deutliche Biuretreaction.

„ II: „ „

Harn I und II zeigen sehr reichliches Sediment, das bei Zusatz von Salzsäure unter starker Gasentwicklung sich völlig auflöst. Die Biuretreaction fällt nicht deutlich aus, da der Harn sehr dunkel ist. Die Entfärbung wurde mit Tierkohle vorgenommen, aber auch jetzt bleibt die Reaction undeutlich, vielleicht weil in der Tierkohle mit den Farbstoffen auch das Pepton zurückgehalten worden ist.

Nieren: Das alkoholische und das wässerige Extract zeigen deutliche Biuretreaction.

VII.

Kaninchen K. Lebendgewicht 1990 g.

Peptonmenge: 7,0 g Paal'sches Glutinpepton, dessen Lösung mit Natronlauge bis zur schwach alkalischen Reaction versetzt ist. Volumen der Lösung 65 ccm. Die Infusion in die V. jugularis dauert 15 Minuten. Entnahme der ersten Blutprobe 20 Minuten nach Vollendung der Infusion; Blutmenge 17 ccm. Entnahme des Gesamtblutes nach weitern 20 Minuten; Blutmenge 60 ccm.

Sofort nach Vollendung der Infusion lässt das Kaninchen Harn (Harn I); im weiteren Verlauf des Versuchs wird noch viel Harn entleert. (Harn II.) Nach Eröffnung der Bauchhöhle findet sich die Blase prall gefüllt. (Harn III.)

Blutprobe I: Keine deutliche Biuretreaction.

„ II: „ „ „

Der Harn ist absolut klar und ganz hell. Menge des Gesamtharnes ca. 100 ccm.

Harn I: Deutliche Biuretreaction, die noch schöner hervortritt, wenn die Harnfarbstoffe durch basisch essigsaures Blei gefällt werden.

Harn II: Sehr deutliche und starke Biuretreaction.

Harn III: Deutliche Biuretreaction.

Die Nierenextracte zeigen, selbst nachdem sie auf ein ziemlich kleines Volumen eingedampft sind, keine Biuretreaction.

Bei dem Leberextract ist die vorher schon erwähnte milchige Trübung für die Beurteilung der Biuretreaction etwas störend. Beim Eindampfen wird die ganze Lösung dunkelbraun. Auch die durch Bleiessig von der störenden Farbe befreiten Proben zeigen keine Biuretreaction.

VIII.

Kaninchen L. Lebendgewicht 2700 g.

Peptonmenge: 8,0 g neutralisiertes Paal'sches Glutinpepton, gelöst in 70 ccm Wasser.

Während der Infusion in die V. jugularis wurde das Tier stark dyspnoisch, die Atemzüge wurden sehr vertieft und selten (6 in der Minute); die Herzaktion war dabei regelmässig, nur etwas verlangsamt. Infolge dieser drohenden Erscheinungen unterbrach ich nach 15 Minuten die Infusion, nachdem ungefähr 50 ccm der Peptonlösung eingelaufen waren. Nach einiger Zeit erholte sich das Tier wieder vollkommen; doch wurde der Rest der Peptonlösung nicht mehr infundiert. Die Entnahme der ersten Blutprobe aus der Carotis erfolgte ca. 20 Minuten nach Unterbrechung der Infusion, die des Gesamtblutes nach weiteren 25 Minuten, so dass vom Beginn der Infusion bis zur völligen Verblutung reichlich eine Stunde vergangen war.

Der Harn wurde kurz vor der Vollendung der Verblutung teils spontan entleert, teils durch Druck aufs Abdomen ausgepresst.

Blutprobe I: Die alkoholischen und wässerigen Extracte werden zusammengegeben, auf ein kleines Volumen eingedampft und zeigen dann deutliche Biuretreaction.

Blutprobe II: Nach dem Eindampfen der vereinigten alkoholischen und wässerigen Extracte deutliche Biuretreaction.

Der Harn ist stark alkalisch, liefert ein reichliches Sediment und ist von dunkler Farbe. Seine Menge beträgt 45 ccm. Er zeigt die Biuretreaction sehr deutlich, die nach der Ausfällung der Harnfarbstoffe mittels Bleizucker noch schöner hervortritt.

Die Nierenextracte zeigen schwache Biuretreaction.

Die alkoholischen und vor allem die wässerigen Extracte von Leber und Muskeln geben uneingedampft ziemlich deutliche aber schwache Biuretreaction. Beim Eindampfen scheidet sich stets ein

flockiger Niederschlag aus; nach dem Abfiltrieren desselben ist die Reaction entweder ganz verschwunden oder bedeutend schwächer geworden. Der Peptongehalt dieser Organe kann daher nur minimal sein.

IX.

Hund A. Lebendgewicht 3950 g.

Peptonmenge: 12 g Paal'sches Glutinpepton, gelöst in 80 ccm Wasser. Die infundierte Lösung war trotz vorhergegangener Neutralisation schwach sauer, wie sich bei der Prüfung nach der Infusion herausstellte. Am Tage vor dem Versuch hatte ich die Lösung bis zur schwach alkalischen Reaction mit Natronlauge versetzt. Dass am folgenden Tage wieder sauere Reaction hervortrat, findet darin seine Erklärung, dass die an das Pepton sehr fest gebundene Salzsäure nur allmählich sich mit zugefügtem Alkali vereinigt, und dass dann nach Ueberführung des Alkalis in neutral reagierendes Chlorid die saure Reaction eines Restes von Glutinpeptonchlorhydrat wieder zur Geltung kommt.

Während der Infusion in die V. cruralis traten bei dem Hund starke Krämpfe auf, der Puls war beschleunigt und unregelmässig. Die Atmung vertieft und stockend. Schliesslich blieb die Atmung völlig aus, während der Puls noch gut war. Trotz künstlicher Atmung, die ich durch rhythmische Compression des Thorax einleitete, wurde schliesslich auch der Puls unfühlbar, und das Tier starb, nachdem etwa $^2/_3$ der ganzen Peptonmenge eingelaufen waren. Die Dauer der Infusion betrug 15 Minuten. Beim Eintritt der bedrohlichen Erscheinungen wurde sie abgebrochen. Der Tod des Tieres trat erst nach weiteren 15 Minuten ein.

Die Obduction des Cadavers wurde sofort vorgenommen und das Blut aus dem Herzen und den grossen Gefässen aufgefangen. Die Harnblase war prall gefüllt.

Blutmenge 130 ccm.

Blutextract zeigt deutliche und starke Biuretreaction.

Der Harn ist klar und hell, reagiert schwach alkalisch. Er zeigt deutliche, aber schwache Biuretreaction.

Die Nierenextracte zeigen nach dem Eindampfen auch schwache Biuretreaction.

Die Leber- und Muskelextracte verhalten sich, wie beim vorigen Versuch angegeben; deutliche Biuretreaction zeigen sie nicht.

X.

Hund B. Lebendgewicht 5000 g.

Peptonmenge: 10 g Paal'sches Pepton, in 70 ccm Wasser gelöst, schwach alkalisch.

Die Infusion in die V. cruralis ging gut von statten und dauerte im ganzen 25 Minuten. Schon nach kurzer Zeit trat ein soporöser Zustand ein, während dessen behufs anderweitiger Versuche die Exstirpation der Schilddrüsen vorgenommen wurde. Infolge dieses Eingriffes, der noch vor Beendigung der Infusion vollendet war, erwachte der Hund wieder, zeigte aber keine Störung der Atmung und des Pulses.

Das während der Schilddrüsenexstirpation vergossene und aufgefangene Blut (20 ccm) zeigte deutlich eine Abnahme der Gerinnungsfähigkeit. (Blutprobe I.) 5 Minuten nach Vollendung der Infusion wurden 25 ccm Blut aus der Carotis entnommen (Blutprobe II) und sogleich ca. 40 ccm physiologischer Kochsalzlösung von der V. cruralis aus infundiert. Nach Verlauf von weiteren 20 Minuten, während welcher der Hund keine auffallende Erscheinungen darbot, wurde das Gesamtblut durch Verblutung entzogen. (Blutprobe III, Menge 200 ccm.) Die Verblutung währte etwa 15 Minuten. Sofort nach Vollendung der Peptoninfusion liess das Tier spontan Harn (Harn I), nach 10 Minuten wiederum (Harn II), ebenso während des Verblutens (Harn III) und schliesslich noch kurz vor dem Tode (Harn IV).

Extract von Blutprobe I: Deutliche Biuretreaction.

Extract von Blutprobe II: Deutliche Biuretreaction, stärker als in I.

Extract von Blutprobe III: Erst nach dem Eindampfen des ziemlich voluminösen Extractes zeigt sich eine deutliche, aber sehr schwache Biuretreaction.

Das Nierenextract ist etwas bräunlich gefärbt und zeigt die Biuretreaction nicht deutlich. In den Leber- und Muskelextracten fällt auch nach dem Eindampfen die Reaction negativ aus.

Der Harn ist völlig klar und hell, nur die Probe IV durch Kot etwas verunreinigt. Gesamtmenge 240 ccm.

I. Probe: Deutliche und starke Biuretreaction.
II. „ „ „ „ „
III. „ „ „ „ „
IV. „ „ Biuretreaction, aber viel schwächer als in den Harnen I—III.

Aus diesen Versuchen geht mit absoluter Sicherheit hervor, dass nach kurzer Zeit selbst ganz beträchtliche Peptonmengen aus der Blutbahn, in die sie künstlich hineingebracht sind, verschwinden, und zwar um so schneller, je ungestörter die Harnsecretion von statten geht. Das beweist ausser dem letzten noch der Versuch VII und X, wo 40 Minuten nach Beendigung der Infusion sich fast gar kein Pepton im Blute mehr nachweisen liess, während der Harn einen ganz beträchtlichen Peptongehalt durch die Stärke der Biuretreaction zu erkennen gab. Die Organextracte zeigten in diesen Fällen keine oder doch nur sehr schwache Biuretreaction.

Der ganze Verlauf der Tierversuche, bei denen durch reichliche Harnausscheidung eine Entfernung des Peptons, resp. der infundierten grossen Flüssigkeitsmenge stattfand, war ein ungestörter. Die Tiere zeigten fast gar keine Anomalien bezüglich der Atmungs- und Herzthätigkeit. Hieher sind zu zählen die Versuche VII, X und auch VI. In diesem letzten kann ich den unerwarteten Tod des Kaninchens nicht auf Schädigungen, die es durch die Peptoninfusion erlitten hat, schieben, sondern glaube vielmehr, dass es die Entziehung von 18 ccm Blut nicht hat vertragen können.

Der Tod des Kaninchens H erklärt sich zwanglos aus dem infolge zu schnellen Infundierens bei gleichzeitiger völliger Anurie colossal gesteigerten Blutdruck, der vielleicht eine Gehirnhämorrhagie oder Herzlähmung herbeiführte.

Dass wirklich die Blutdrucksteigerung die Ursache der eingetretenen Atmungs- und Pulsstörungen, resp. des Todes in dem einen Fall gewesen ist, dafür spricht auch der Versuch VIII. In diesem traten ebenfalls infolge zu schnellen Infundierens bei anfangs entschieden stockender Harnsecretion starke dyspnoische Beschwerden auf, die nach Unterbrechung der Infusion bald vollkommen schwanden. Der Tod des Hundes A in Versuch IX ist einzig und allein durch den Salzsäuregehalt der Peptonlösung, bei welcher eine nochmalige Prüfung der Reaction kurz vor der Infusion leider versäumt worden war, herbeigeführt.

Es lassen sich also die Todesfälle bei meinen Tierversuchen leicht erklären. Die Ursachen liegen in den angegebenen experimentellen Fehlern — überhastete Infusion von der V. jugularis

aus, Entnahme zu grosser Blutproben, Infusion saurer Peptonlösungen —, die in Zukunft, nachdem einmal darauf hingewiesen ist, bei ähnlichen Versuchen leicht zu vermeiden sein werden. Von einer toxischen Wirkung des Paal'schen Glutinpeptons kann keine Rede sein, wenn Kaninchen 7 g und kleinere Hunde bis zu 20 g von diesem Präparat intravenös aufnehmen können, ohne dass schwere Intoxicationserscheinungen auftreten. Die Ungiftigkeit dieses Peptons ist überdies schon festgestellt worden durch eine im hiesigen physiologischen Institut ausgeführte Experimentaluntersuchung von O. Maerkel[1]), deren Ergebnis sich dahin zusammenfassen lässt, dass überhaupt reine Peptone keine Giftstoffe sind.

Auf Grund meiner Versuche muss ich die Ansicht Hofmeister's, der sich Neumeister später vollkommen anschloss, auch für das Leimpepton als zutreffend anerkennen: auch das Leimpepton ist, wenn es künstlich in die Blutbahn gebracht wird, den Fremdkörpern in derselben zuzuzählen und wird, ebenfalls gleich den Fremdkörpern, möglichst schnell wieder ausgestossen. Der Weg, auf dem dies geschieht, ist wohl hauptsächlich die Ausscheidung durch die Nieren. Ob dieser aber der einzige ist, und ob überhaupt die gesamte zugeführte Leimpeptonmenge ausgeschieden wird, das klarzustellen würde den Rahmen dieser Arbeit weit überschritten haben. Nur darüber suchte ich noch Aufschluss zu gewinnen, wie gross ungefähr die Peptonmenge sei, die während eines Versuches von annähernd derselben Dauer wie die bisher ausgeführten Tierversuche im Harn wieder erscheint. Ich infundierte deshalb eine sehr grosse Menge Paal'schen Glutinpeptons einem mittelgrossen Hunde und bestimmte dann quantitativ den Stickstoff im Blutextract, um ungefähr berechnen zu können, wie viel Pepton bis zur Entnahme des Gesamtblutes noch im Blut zurückgeblieben sei; ferner suchte ich aus dem Harn das Pepton zu isolieren und durch Ermittelung des Stickstoffgehalts quantitativ zu bestimmen.

Der Versuch verlief folgendermassen:

---

1) O. Maerkel, Zur Kenntnis der Giftwirkung der Peptone. Inaug.-Diss. Erlangen 1891.

XI.

Hund C. Lebendgewicht 9100 g.

Peptonmenge: 20 g Paal'sches Glutinpepton, gelöst in 100 ccm Wasser; Lösung durch Natronlauge schwach alkalisch gemacht.

Die Infusion geschah von der V. cruralis aus und dauerte 35 Minuten. Sie verlief ohne jede Störung von seiten des Tieres.

Vor der Infusion wurden 18 ccm Blut aus der A. carotis entnommen (Blutprobe I), 4 Minuten nach Vollendung derselben 25 ccm (Blutprobe II). Nach weiteren 15 Minuten wurde das Tier durch Verbluten getötet. Dauer des Verblutens 17 Minuten. Während desselben wurden noch ca. 150 ccm physiologischer Kochsalzlösung von der V. cruralis aus infundiert. Menge des erhaltenen Blutes 550 ccm (Blutprobe III). Während des ganzen Versuches liess der Hund keinen Harn. Bei der Section zeigte sich die Blase prall gefüllt.

Zur Untersuchung werden ausser Blutproben und Harn auch noch genommen die Nieren, die Leber und die Muskulatur eines Oberschenkels mit Hüfte.

Blutprobe I: Keine Biuretreaction.
„ II: Deutliche Biuretreaction.
„ III: „ „

Die Blutproben II und III zeigen bei der Prüfung sowohl mit Kupfersulfat und Natronlauge als auch mit Nylander's Reagens eine deutliche Vermehrung der reducierenden Substanzen (Zucker?) gegenüber der vor der Infusion entnommenen Blutprobe I.

Die vereinigten Nierenextracte geben nach dem Einengen äusserst schwache Biuretreaction.

Die Leber- und Muskelextracte lassen keine Biuretreaction erkennen, auch nachdem sie auf ein kleines Volum eingeengt sind.

Der Harn, dessen Menge 95 ccm beträgt, ist schwach sauer, sehr wenig getrübt und zeigt sehr starke Biuretreaction.

Bestimmung des Stickstoffs in den Blutextracten II und III nach Kjeldahl-Argutinsky:

Die gesamten alkoholischen und wässerigen Extracte aus den Blutproben II und III werden zusammengegeben und völlig eingedampft und in dem Rückstand der Stickstoff nach Kjeldahl-Argutinsky bestimmt.

Endtiter für 50 ccm Destillat 31,6 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
Titerdifferenz „ 50 „ „ 18,4 „ „ „ „
„ „ 500 „ „ 18,4 . 10 „ „ „ „

18,4 . 10ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{18,4 . 10 . 14}{10 . 1000} = 0,2576$ g N.

Es würde falsch sein, wollte man diese 0,2576 g Stickstoff auf Pepton umrechnen, da dann die normalen stickstoffhaltigen Extractivstoffe des Blutes ganz ausser Acht blieben. Aber selbst wenn man diese viel zu weit gehende Annahme zuliesse, so würden sich entsprechend den 0,2576 g Stickstoff nur etwa 2 g Pepton als der in dem analysierten Blutquantum noch verbliebene Anteil der ganzen infundierten Peptonmenge ergeben; und da etwa nur $^2/_3$ des Gesamtblutes zur Untersuchung kamen, so wäre für das im Körper des Hundes zurückgebliebene Blut ausserdem noch 1 g Pepton in Anrechnung zu bringen. Das Gesamtblut hat somit zur Zeit der Verblutung höchstens noch 3 g Pepton enthalten, oder es sind von den infundierten 20 g Pepton mindestens 17 g während der kurzen Versuchszeit aus der Blutbahn verschwunden.

Aus dem Harn versuchte ich das Pepton auf folgende Weise wieder zu gewinnen: Da das salzsäurefreie Glutinpepton in starkem Alkohol sehr wenig löslich ist, so wird der mit Natronlauge stark alkalisch gemachte Harn völlig eingedampft und der Rückstand mit Alkohol übergossen und verrieben zur Lösung des Harnstoffs, Kreatinins und der übrigen alkohollöslichen Harnbestandteile; die nach dem Abgiessen des Alkohols zurückbleibende syrupöse Masse enthält das Pepton. Eine nicht unbeträchtliche Menge des Peptons ist aber in das alkoholische Extract eingegangen, wie die ziemlich starke Biuretreaction des Extractes beweist. Das alkoholische Extract wird daher zur Trockne gebracht und der Rückstand nochmals mit starkem Alkohol behandelt. Was sich dabei nicht löst, ist Pepton und wird mit der syrupösen Masse, welche die Hauptmenge des Peptons enthält, vereinigt. Die alkoholische Flüssigkeit zeigt jedoch auch jetzt immer noch schwache Biuretreaction; sie wird deshalb auf dem Wasserbade eingedampft und der Rückstand zum dritten Mal mit starkem Alkohol verrieben, unter Zusatz von etwas Äther, der die Abtrennung des Peptons begünstigt. Der alkoholische Auszug

zeigt nunmehr nur eine äusserst schwache Biuretreaction, so dass von einer Wiederholung der Peptonabtrennung abgesehen werden kann.

Die vereinigten alkoholunlöslichen Rückstände stellen eine bräunlich schmierige Masse dar, sie bestehen aus freiem Pepton, anorganischen Harnsalzen, Harnsäure und Uraten. Die Masse wird mit einer geringen Menge Wasser und einigen Kubikcentimetern conc. Salzsäure übergossen zur Überführung des Peptons in das Chlorhydrat, das in Alkohol ja so leicht löslich ist. Bei Zusatz von Alkohol fallen jetzt die anorganischen Harnsalze, Harnsäure und Urate aus, während das HCl-Pepton in Lösung bleibt. Es wird filtriert und der Filterrückstand so lange mit Alkohol ausgewaschen, bis er ein fast weisses, körniges Pulver darstellt; trotzdem gibt eine Probe dieses Pulvers, in Wasser gelöst, noch schwache Biuretreaction, es sind also geringe Peptonmengen auf dem Filter zurückgehalten worden.

Das Filtrat, d. i. die alkoholische Peptonchlorhydratlösung, wird völlig eingedampft, zum Zwecke der Stickstoffbestimmung in conc. Phosphor-Schwefelsäure gelöst und auf 50 ccm damit aufgefüllt; davon werden 10 ccm, also der fünfte Teil, abgenommen, wiederum zu 25 ccm mit conc. Phosphor-Schwefelsäure aufgefüllt und der weitern Behandlung nach Kjeldahl-Argutinsky unterworfen. Es werden zwei Bestimmungen in gleicher Weise ausgeführt, die also beide $^1/_5$ des Gesamtstickstoffs ergeben müssen.

Endtiter für 50 ccm Destillat, aus beiden Destillaten im Mittel	42,7	ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
Titerdifferenz für 50 ccm Destillat	7,3	" " " "
" " 500 " "	7,3.10	" " " "

7,3.10 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH entsprechen $\frac{7{,}3 \,.\, 10 \,.\, 14}{10 \,.\, 1000}$ g N.

Dies ergibt für die Gesamtmenge des wiedergewonnenen HCl-Peptons $\frac{5 \,.\, 7{,}3 \,.\, 10 \,.\, 14}{10 \,.\, 1000} = 0{,}5110$ g N.

Der Peptongehalt des Harns beträgt hiernach rund 4 g.

Im Blut und Harn konnten also im ganzen 6—7 g Pepton nachgewiesen werden, d. h. höchstens ein Drittel von der infundierten Menge. Wenn auch meine Methode der Wiedergewinnung des Peptons aus dem Harn recht mangelhaft ist, so steht doch fest, dass die Hauptmenge des Peptons in dem letzten alkoholisch-salzsauren Extract vorhanden war, also auch zur Stickstoffbestim-

mung kam. Aus dem Blute, von dem ich sicher $^{2}/_{3}$ der Gesamtmenge zur Untersuchung brachte, konnte ich noch nicht 2 g Pepton wieder erhalten. Es bleibt deshalb vorläufig unerwiesen, wo der übrige, bei weitem grössere Teil des infundierten Peptons zu suchen und was aus ihm geworden ist. Höchst wahrscheinlich tritt es gleichmässig in alle Gewebe des Körpers über. Die Untersuchungen von Leber und Muskel haben freilich kein befriedigendes Resultat ergeben. Das kann nicht recht Wunder nehmen; denn die untersuchten Massen stellen einen so geringen Bruchteil vom Gesamtkörper dar, dass sich in ihnen bei gleichmässiger Verteilung des Peptons über den ganzen Körper nur sehr minimale Peptonmengen befinden können, bei denen auch der qualitative Nachweis nicht immer gelingt.

Es ist anzunehmen, dass der Körper sich im Laufe eines gewissen Zeitraumes des gesamten in die Blutbahn gebrachten Peptons wieder entledigt. In welcher Zeit und auf welchen Wegen dies geschieht, ob die Ausscheidung allein durch die Nieren erfolgt und ob sie mit der Harnaussonderung parallel geht, müssen erst noch genaue quantitative Bestimmungen nach bessern Methoden, als ich anwenden konnte, lehren.

Die Aufgabe, die mir gestellt war, kann ich als gelöst betrachten und das erhaltene Resultat in folgendem etwa zusammenfassen:

Die Leimpeptone, von denen ich wohl das beste bisher dargestellte Präparat in dem C. Paal'schen salzsauren Glutinpepton zur Verfügung hatte, verhalten sich bei der direkten Einführung in die Blutbahn genau so, wie die daraufhin schon untersuchten Eiweisspeptone, d. h. sie lassen sich nach einer gewissen Zeit mit Hilfe der gebräuchlichen Methoden nicht mehr in dem Blute nachweisen. Dies Verschwinden geht um so schneller vor sich, je weniger die Harnabsonderung stockt. Schon 15 bis 20 Minuten nach der Infusion sind beträchtliche Peptonmengen in den Harn übergetreten, und es scheint, dass der Weg durch die Nieren der Hauptweg, vielleicht auch der einzige für die Aussonderung der Leimpeptone ist. Ob aber ein infundiertes Leimpepton vollständig wieder ausgeschieden wird, oder ob es nicht zum Teil im Körper zurückgehalten und verbraucht werden kann, bleibt noch unentschieden.

Ueber die Fluorescenz von Lösungen.

Von Osc. Knoblauch.

A) Die Fluorescenz einer Lösung ist bekanntlich ausser von der gelösten Substanz sowohl von der Concentration der Lösung als der Natur des Lösungsmittels abhängig. Quantitative Messungen dieser Abhängigkeit fehlen noch fast gänzlich,[1] ich habe daher photometrisch die Fluorescenz von Eosinnatrium, Magdalarot und Fluoresceïn in verschiedenen Lösungsmitteln nnd bei verschiedener Concentration bestimmt. Ausserdem habe ich die Fluorescenzhelligkeit gleich concentrierter Lösungen von Fluoresceïnlithium bezw. Petroleum in verschiedenen Lösungsmitteln mit einander verglichen.

Die Concentrationen und die Längen der die Lösungen enthaltenden Tröge waren so gewählt, dass alle in dem auffallenden Lichte enthaltenen Strahlen, welche Fluorescenz zu erregen im Stande waren, von der Lösung auch absorbiert wurden. Alsdann ist die Quantität des erregenden Lichtes in verschiedenen Lösungen die gleiche, nämlich gleich der Gesammtheit der erregungsfähigen Strahlen, und aus der im Photometer beobachteten Fluorescenzhelligkeit lässt sich direkt das „Fluorescenzvermögen“ des gelösten Körpers in den verschiedenen Lösungen berechnen, ohne dass durch Absorptionsbestimmungen die Quantität des von der Lösung absorbirten und die Fluorenscenz erregenden Lichtes bestimmt zu werden brauchte. Vorausgesetzt ist dabei, dass das Absorptionsgebiet des fluorescierenden Körpers in verschiedenen Lösungsmitteln die gleiche spectrale Ausdehnung besitzt, und nur innerhalb solcher Grenzen verschoben ist, dass die Energie des erregenden Lichtes innerhalb desselben in allen Lösungsmitteln als gleich gross betrachtet werden kann.

---

1) B. Walter, Wied. Ann. **34**. p. 316. 1888 und **36**. p. **502** und 518. 1889.

Zur Helligkeitsbestimmung wurde ein Glan'sches Photometer benutzt; die Fluorescenz wurde erregt durch einen Linnemann'schen Zirkonbrenner. Als Vergleichslichtquelle zur photometrischen Bestimmung diente Licht, welches (ebenfalls vom Zirkonbrenner ausgehend) an weissem oder schwarzem Papier diffus nach dem Vergleichsprisma des Photometers reflektiert wurde. Bei dieser Versuchsanordnung fanden die event. Intensitäts-Schwankungen des erregenden Lichtes und des Vergleichslichtes in gleicher Weise statt, sodass es nicht nötig war, dieselben zu berücksichtigen.

Eine Voruntersuchung über die Abhängigheit der Fluorescenzhelligkeit von der Intensität des erregenden Lichtes ergab, dass in der That, wie man allgemein annimmt, Proportionalität zwischen beiden besteht, wenn man die Helligkeit des Zirkonbrenners durch eingeschaltete Rauchgläser bis auf $^1/_7$ der ursprünglichen Intensität schwächt.

Im Folgenden sind einige der erhaltenen Beobachtungsresultate zusammengestellt[1]) und zwar in der Weise, dass für die untersuchten Substanzen die Lösungsmittel nach der Fluorescenzhelligkeit geordnet sind, welche die Körper bei gleicher Concentration, in ihnen gelöst, zeigen. Dabei soll die Bezeichnungsweise z. B. Methylalkohol > Aethylalkohol aussagen, dass die Fluorescenz des betreffenden Körpers im ersteren Lösungsmittel heller ist als im zweiten.

1) Eosinnatrium:

Methylalcohol > Aethylalcohol > Amylalcohol > Gelatine > Glycerin > Wasser.

2) Magdalarot (alle Lösungen enthielten $10^0/_0$ Aethylalcohol):

Methylalcohol > Aethylalcohol > Amylalcohol > Chloroform > Benzol = Toluol.

3) Fluoresceïn:

Glycerin > Amylalcohol > Aethylalcohol > Methylalcohol.

---

1) Ich verzichte auf die genauere Angabe der Versuchsanordnung, der Einzelheiten der erhaltenen Resultate, des Zahlenmaterials derselben und einer absoluten Bestimmung der Fluorescenzintensität, da ich demnächst über die Beobachtungen in Wiedemanns Annalen der Phys. u. Chem. zu berichten gedenke.

4) Fluoresceïnlithium:

Methylalcohol > Aethylalcohol > Glycerin > Wasser > Amylalcohol.

5) Petroleum:

Benzol > Aether > Amylalcohol > Aethylalcohol > Methylalcohol.

B) Wenn auch aus dieser Zusammenstellung hervorzugehen scheint, dass die Fluorescenzhelligkeit, welche ein Körper in einem Lösungsmittel zeigt, in keinem einfachen Zusammenhange mit der Natur des Lösungsmittels steht, indem die Reihenfolge derselben in der Tabelle keineswegs für alle untersuchten Körper die gleiche ist, so lässt sich ein solcher Zusammenhang doch auffinden.

Die Fluorescenzhelligkeit i_f kann man nach E. Wiedemann[1]) durch den Ausdruck darstellen $i_f = \frac{AJ}{b}$, wo A einen constanten Factor (den Bruchteil der einfallenden Energie, welcher in der Zeiteinheit in Leuchtschwingungen verwandelt wird), J die Intensität des auffallenden Lichtes und b die sog. Abklingungsconstante bezeichnet, welche ein Mass für die Schnelligkeit abgiebt, mit welcher die Luminescenzschwingungen abklingen.

Diese Gleichung gilt für jedes einzelne fluorescierende Molecül, wir können sie aber auch auf eine grössere Anzahl derselben, wie wir sie z. B. in Lösungen vor uns haben, ausdehnen. Um Schlüsse über das „Fluorescenzvermögen" des einzelnen Molecüles desselben Körpers unter verschiedenen Umständen, etwa in verschiedenen Lösungsmitteln, zu ziehen, hat man die Fluorescenzhelligkeit gleich concentrirter Lösungen zu vergleichen. Die mit dem Photometer bestimmte Fluorescenzhelligkeit derselben berechtigt jedoch nur unter besonderen Verhältnissen einen Schluss auf das Fluorescenzvermögen des einzelnen Molecüles, nämlich nur dann, wenn der moleculare Bau desselben in allen Lösungsmitteln der gleiche ist.

Wenn wir dies gegebenen Falles bei einem Nicht-Electrolyten annehmen können, giebt die Fluorescenzhelligkeit direct ein Mass für das Fluorescenzvermögen.

---

1) E. Wiedemann, Wied. Ann. 37. p. 191. 1889.

Dies ist jedoch nicht der Fall bei den Electrolyten, bei denen wir nach der Theorie der electrolytischen Dissociation in den Lösungen mehr oder minder einen Zerfall in Jonen anzunehmen haben. Für die nur im gelösten und zwar dissociierten Zustande fluorescierenden Electrolyte, ist bei gleicher Concentration die Anzahl fluorescierender Atomcomplexe in verschiedenen Lösungsmitteln nicht die gleiche, sie hängt vielmehr mit dem Dissociationsgrade zusammen. Man kann somit aus der photometrisch bestimmten Fluorescenzhelligkeit der Lösung eines solchen Electrolyten nur unter Berücksichtigung der Anzahl fluorescierender Atomcomplexe, also des Dissociationsgrades, einen Schluss auf das Fluorescenzvermögen des einzelnen fluorescierenden Jons machen.

Da der Dissociationsgrad in Beziehung steht zu der Dielectricitätsconstante (D. C.) des Lösungsmittels [1]), so ergiebt sich hieraus ein Einfluss der D. C. auf die Fluorescenz des gelösten Electrolyten, welcher die Fluorescenzintensität der gesammten Lösung durch Vergrösserung der Zahl fluorescenzfähiger Jonen desto mehr verstärkt, je grösser die D. C. des Lösungsmittels ist. Dieser Einfluss der D. C. ist bei verschiedenen Electrolyten verschieden gross, da die dissociierende Wirkung eines Lösungsmittels von der speciellen Natur des Electrolyten abhängig ist.

Bei sehr vielen Körpern ist der Einfluss des Lösungsmittels von massgebender Bedeutung, indem bei vielen, im festen Zustande fluorescirenden Körpern diese Fähigkeit völlig in der Lösung verloren geht, bei anderen wiederum das in festem Zustande nicht vorhandene Fluorescenzvermögen erst in der Lösung beginnt. Diese Substanzen scheinen in den meisten Fällen Electrolyte zu sein, sodass nach der Dissociationstheorie i. Allg. die ersten nur im nichtdissociierten, die letzten nur im dissociierten Zustande fluorescenzfähig wären [2]).

C) Die Verschiedenheit des Fluorescenzvermögens in verschiedenen Lösungsmitteln erklärt sich aus den verschiedenen Werten der Abklingungsconstante b. Dieselbe hängt u. A. ab von

---

1) W. Nernst, Gött. Nachr. Nr. 12 p. 491. 1893.

2) Vgl. K. Noack, Verzeichniss fluoreszierender Substanzen nach der Farbe des Fluoreszenzlichtes geordnet mit Literaturnachweisen. Marburg 1887.

der grösseren oder kleineren Beweglichkeit der fluorescierenden Molecüle in den verschiedenen Lösungsmitteln; ausserdem ergiebt die Anwendung der electromagnetischen Lichttheorie auf die Fluorescenzerscheinungen einen Zusammenhang der Abklingungsconstante mit der Dielectricitätsconstante des Lösungsmittels.

Nach dieser Theorie haben wir uns den Vorgang der Fluorescenz als einen electrischen Schwingungszustand irgend welcher Art auf den Molecülen zu denken. So können wir z. B. diese Schwingungen als Schwingungen der electrischen Valenzladungen auffassen, welche wir den Atomen ohnehin beilegen müssen, um die Erscheinungen der Electrolyse zu erklären.

Ebert[1]) hat die Berechtigung der Annahme, dass das Leuchten eines Körpers auf den Schwingungen seiner Valenzladungen beruhe, genauer begründet und speciell für die durch Kochsalz gefärbte Bunsenflamme gezeigt, dass diese Annahme zu Resultaten führt, welche numerisch mit den aus der Beobachtung erhaltenen übereinstimmen. Dabei hat man sich jedes Natriumatom als einen Hertz'schen Oscillator vorzustellen.

Berechnet man nun in der gleichen Weise, wie dies Hertz[2]) für einen in Luft befindlichen Oscillator gethan hat, für einen in einem Dielectricum mit einer D. C. $= \varepsilon$ und einer Magnetisirungsconstante $= \mu$ befindlichen Oscillator die von demselben während der Dauer einer halben Schwingung ausgesandte Energie, so ergiebt sich dieser Energiebetrag im Verhältnis $1 : (\mu . \varepsilon)^{\frac{3}{2}}$ vergrössert, falls man annehmen darf, dass die Schwingungsdauer des Oscillators unabhängig ist von dem umgebenden Dielectricum[3]).

Wenn aber demnach die ausgestrahlte Energie mit der D. C. zunimmt, so ist für ein fluorescierendes Molecül oder Jon die Abklingungsconstante b in einem Lösungsmittel desto grösser, je grösser die

1) H. Ebert, Wied. Ann. **49** p. 651. 1893.

2) H. Hertz, Wied. Ann. **36**. p. 1. 1889 und: Untersuchungen über die Ausbreitung der electrischen Kraft p. 147.

3) Falls die Schwingungsdauer in beiden Fällen nicht die gleiche bleibt, sondern im ersten Falle gleich T_1, im zweiten gleich T_2 ist, so verhalten sich die ausgestrahlten Energiemengen wie $\frac{1}{T_1^3} : \frac{(\mu . \varepsilon)^{\frac{3}{2}}}{T_2^3}$ (s. p. 7).

D. C. desselben ist. Die photometrisch bestimmte Fluorescenzhelligkeit einer Lösung muss also bei gleicher Anzahl fluorescierender Molecüle oder Jonen caet. par. desto geringer sein, je grösser die D. C. des Lösungsmittels ist. Dieser bei zunehmender D. C. die Helligkeit vermindernde Einfluss des Lösungsmittels macht sich in gleicher Weise bei den Electrolyten sowohl wie bei den Nicht-Electrolyten geltend, während der obige mit wachsender D. C. die Helligkeit der Lösung verstärkende Einfluss sich auf die (nur im dissociirten Zustande fluorescierenden) Electrolyte beschränkte.

D) Aus der Dissociationstheorie einerseits und der electromagnetischen Lichttheorie andererseits ergeben sich also für die Fluorescenzhelligkeit von Lösungen die folgenden Schlüsse:

1) Die Fluorescenzhelligkeit der Lösung eines nur im dissociirten Zustande fluorescierenden Electrolyten wächst bei gegebenem Lösungsmittel mit zunehmender Dissociation. — Die Beobachtung zeigt in solchem Falle in der That stets eine Zunahme der Helligkeit mit der Verdünnung.

2) Bei Nicht-Electrolyten ist die Fluorescenzhelligkeit der Lösung bei gleicher Concentration desto geringer, je grösser die D. C. des Lösungsmittels ist. — Diese Folgerung bestätigt sich an den oben angeführten Beobachtungen des Petroleums.

3) Bei den nur im dissociirten Zustande fluorescierenden Electrolyten wirken die beiden Einflüsse der D. C. des Lösungsmittels im entgegengesetzten Sinne auf die Helligkeit der Lösung ein. Der eine Einfluss verstärkt dieselbe durch Vergrösserung des Dissociationsgrades, der andere schwächt sie durch Vergrösserung der Abklingungsconstante b. Daher ist die Fluorescenzhelligkeit nicht in einfacher Weise vom Lösungsmittel abhängig. — Dem entspricht die scheinbare Regellosigkeit, mit welcher sich die Lösungsmittel in der S. 2 gegebenen Zusammenstellung der Beobachtungsresultate anordnen.

Die Folgerungen, welche sich aus der Anwendung der Dissociationstheorie und electromagnetischen Lichttheorie auf die Fluorescenzerscheinungen ergeben, stehen also mit den erhaltenen Beobachtungsresultaten in Einklang.

E) Sowohl aus der Dissociationstheorie wie aus der electromagnetischen Lichttheorie ergiebt sich eine Abhängigkeit der Fluorescenzhelligkeit der Lösungen von der Dielectricitätsconstante des Lösungsmittels; es fragt sich, ob vielleicht die D. C. die Fluores-

cenz gelöster Substanzen nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ beeinflusst.

Stenger[1]) untersuchte die Fluorescenz und Absorption von Fluorescein, Eosin und Magdalarot in einer Reihe verschiedener Lösungsmittel. Aus seinen Beobachtungen lässt sich erkennen, dass in den weitaus meisten Fällen sowohl das Absorptionsgebiet des fluorescierenden Körpers wie der Spectralbereich seines Fluorescenzlichtes um so weiter nach dem Violett zu gelegen ist, je grösser die D. C. des Lösungsmittels ist.

Da die Fluorescenz und Absorption auf den gleichen Ursprung zurückzuführen sind (Schwingungen der Aetherhüllen in der elastischen oder electrische Schwingungen in der electromagnetischen Lichttheorie), so sind wir vielleicht berechtigt, bei der Erklärung der verschiedenen Farbe des Fluorescenzlichtes eines Körpers in verschiedenen Lösungsmitteln und der spectralen Verschiebung seines Absorptionsgebietes entsprechend der Kundt'schen Regel in all' den Fällen, in welchen diese letztere gültig ist, neben dem Brechungs- und Dispersionsvermögen des Lösungsmittels auch dessen dielectrische Polarisirbarkeit zu berücksichtigen.

1) F. Stenger, Wied. Ann. 28; p. 201. 1886.

Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.

26. Heft.

1894.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

1895.



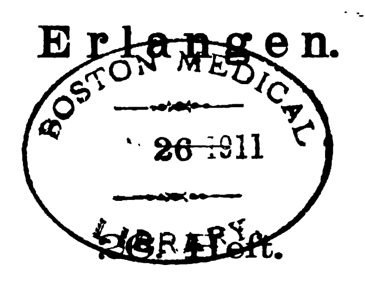
Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.



26. Heft.

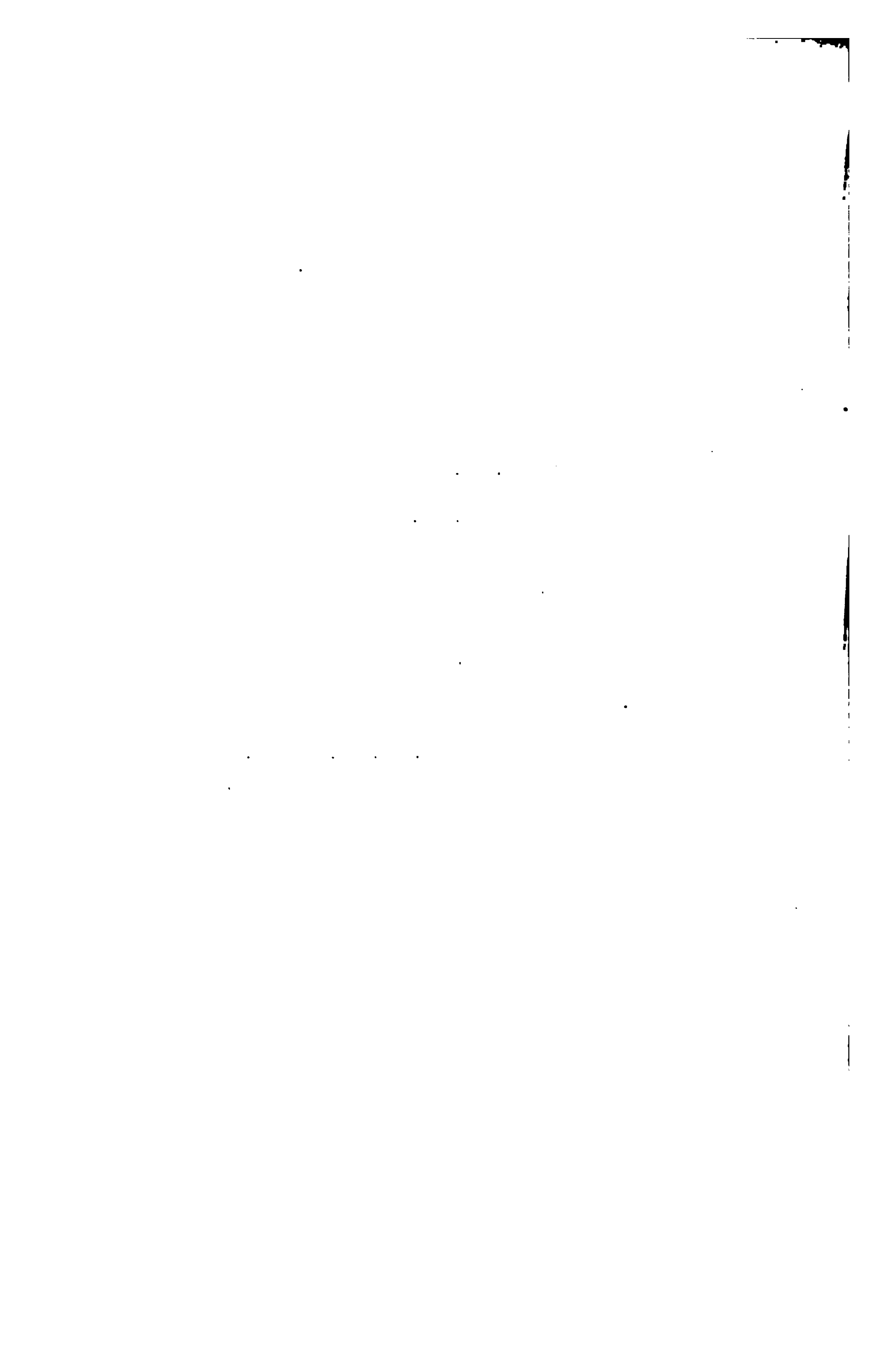
1894.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

1895.

Inhaltsverzeichnis.



Stand der Mitglieder

am 31. Dezember 1894

48 ordentliche, 33 Ehren- und 75 korrespondierende Mitglieder.

In der folgenden Liste stehen die Abkürzungen: O.M. für ordentliches, K.M. für korrespondierendes. E.M. für Ehrenmitglied. Die Jahreszahlen beziehen sich auf die Zeit der Ernennung.

A. Ordentliche Mitglieder.

Aldinger J. Dr., Assistent, 1894.
Bacharach J. Dr., kgl. Reallehrer, 1880.
Beckmann E. Dr., Professor, 1893.
Bischoff O. Dr., prakt. Arzt, 1893.
Blanckenhorn M. Dr., Privatdozent, 1890.
Böttiger A., Apotheker, 1863.
Brommer M., Apotheker, 1885.
Büttner G., kgl. Reallehrer, 1880.
Bumm A. Dr., Professor, 1886.
Busch M. Dr., Privatdozent, 1890.
Eversbusch O. Dr., Professor, 1886.
Fischer O. Dr., Professor, 1885.
Fleischer R. Dr., Professor, 1877.
Fleischmann A. Dr., Privatdozent, 1886.
Fritsch O. Dr., prakt. Arzt, 1888.
Frommel R. Dr., Professor, 1887.
Gerlach J. v. Dr., Geheimrat, Professor, 1850.
Gerlach L. Dr., Professor, 1874.
Gordan P. Dr., Professor, 1874.
Graser E. Dr., Professor, 1884.
Hauser G. Dr., Professor, 1881.
Heineke W. v. Dr., Professor, 1867.

Hermann F. Dr., Professor, 1884.
Hetzel W. Dr., prakt. Arzt, 1862.
Kiesselbach W. Dr., Professor, 1877.
Knoblauch O. Dr., Privatdozent, 1889.
Koeberlin H. Dr., Oberarzt, 1885.
Limpach L. Dr., Hofapotheker, 1893.
Maurer A. Dr., kgl. Bezirksarzt, 1862.
Noether M. Dr., Professor, 1875.
Oebbeke K. Dr., Professor, 1887.
Paal C. Dr., Professor, 1887.
Penzoldt F. Dr., Professor, 1874.
Reess M. Dr., Professor, 1872.
Rosenthal I. Dr., Professor, 1872.
Schmidt G. C. Dr. phil., 1893.
Schneider F. Dr., Hofzahnarzt, 1887.
Schulz O. Dr., Assistent, 1889.
Selenka E. Dr., Professor, 1874.
Simon H. Th. Dr., Assistent, 1894.
Specht G. Dr., Oberarzt, 1891.
Spuler A. Dr., Assistent 1894.
Stolberg K. Dr., Assistent, 1893.
Strümpell A. v. Dr., Professor, 1886.
Treves Z. Dr., Assistent, 1894.
Wiedemann E. Dr., Professor, 1886.
Wolff G. Dr., Bibliotheksassistent, 1894.
Zenker F. A. v. Dr., Professor, 1863.

Eingetreten sind in der Zeit vom 1. November 1893 bis zum 31. Dezember 1894 die Herren:

Aldinger, Beckh, Kretschmer, Limpach, W. Rosenthal, Schmidt, Simon, Spuler, Stolberg, Treves, Wolff.

Ausgetreten sind in derselben Zeit die Herren:

Beckh, Bouda, G. Fischer, Jacob, Kretschmer, Oels, Pfeiffer, Röhring, W. Rosenthal.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihr ordentliches Mitglied: K. Zenker.

B. Ehrenmitglieder.

Seine Königliche Hoheit Dr. Karl Theodor, Herzog in Bayern, 1888.

Baeyer A. v., Professor der Chemie, München, 1883.

Beyrich H. E., Professor der Geologie, Berlin, 1888.

Brioschi F., Direktor des Polytechnikums, Mailand, K.M. 1877, E.M. 1878.

Bunsen R. v. Excellenz, Professor der Chemie, Heidelberg, K.M. 1845, E.M. 1883.

Dubois-Reymond E., Professor der Physiologie, Berlin, K.M. 1859, E.M. 1878.

Ehlers E., Professor d. Zoologie, Göttingen, O.M. 1869, E.M. 1874.

Gegenbaur C., Professor der Anatomie, Heidelberg, 1883.

Gerhardt C., Professor der int. Medizin, Berlin, K.M. 1883, E.M. 1887.

Hermite Ch., Professor der Mathematik, Paris, 1883.

Hilger A., Professor der Chemie, München, O.M. 1872, E.M. 1893.

Kekulé A., Professor der Chemie, Bonn, K.M. 1859, E.M. 1888.

Klein F., Professor der Mathematik, Göttingen, O.M. 1872, E.M. 1875.

Kölliker A. v., Professor der Anatomie, Würzburg, K.M. 1851, E.M. 1883.

Kussmaul A., Professor der Medizin, Heidelberg, O.M. 1859, K.M. 1863, E.M. 1883.

Leube W. v., Professor der Medizin, Würzburg, O. M. 1868, E.M. 1886.

Lister J., Professor der Chirurgie, London, 1883.

Lommel E. v., Professor der Physik, München, O.M. 1869, E.M. 1886.

Ludwig C., Professor der Physiologie, Leipzig, K.M. 1855, E.M. 1883.

Marey E. J., Professor der Physiologie, Paris, 1878.

Pettenkofer M. v., Professor der Hygiene, München, K.M. 1851, E.M. 1883.

Ried F., Professor der Chirurgie, Jena, O.M. 1839—1846, E.M. 1858.

Sachs J. v., Professor der Botanik, Würzburg, K.M. 1883, E.M. 1889.
Sandberger F. v., Professor der Mineralogie, Würzburg, 1878.
Seidel L. v., Professor der Mathematik, München, 1889.
Spencer-Wells Sir T., Professor der Chirurgie, London, 1883.
Thiersch C., Professor der Chirurgie, Leipzig, O.M. 1854, K.M. 1867, E.M. 1883.
Thomson Sir W., Lord Kelvin, Professor der Physik, Glasgow, 1878.
Virchow R., Professor der path. Anatomie, Berlin, K.M. 1851, E.M. 1858.
Voit C. v., Professor der Physiologie, München, K.M. 1863, E.M. 1883.
Wiedemann G., Professor der Physik, Leipzig, K.M. 1864, E.M. 1888.
Ziemssen H. v., Professor der Medizin, München, O.M. 1863, E.M. 1878.
Zweifel P., Professor der Gynäkologie, Leipzig, O.M. 1876, E.M. 1887.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihr Ehrenmitglied H. v. Helmholtz.

C. Korrespondierende Mitglieder.

Bauer G., Professor der Mathematik, München, 1889.
Bäumler Ch., Professor der Medizin, Freiburg i/Br., O.M. 1872, K.M. 1874.
Berthelot M. P. E., Professor der Chemie, Paris, 1860.
Boström E., Professor der pathol. Anatomie, Giessen, O.M. 1879, K.M. 1881.
Brill A., Professor der Mathematik, Tübingen, 1894.
Buchner L. A., Professor der Pharmacie, München, 1853.
Claus A., Professor der Chemie, Freiburg i/Br., 1870.
Cohn F., Professor der Botanik, Breslau, 1861.
Dareste C., Professor, Paris, 1886.
Delpino F., Professor der Botanik, Neapel, 1875.
Duncan Dr., Professor der Gynaekologie, London, 1883.
Ebert H., Professor der Physik, Kiel, O.M. 1887, K.M. 1894.
Ernst A., Direktor des bot. Gartens, Caracas, 1875
Fick A, Professor der Physiologie, Würzburg, 1869.

Filehne W., Professor der Pharmakologie, Breslau, O.M. 1874, K.M. 1886.
Fischer E., Professor der Chemie, Berlin, O.M. 1882, K.M. 1886.
Fittig R., Professor der Chemie, Strassburg i/E., 1888.
Flemming W., Professor der Anatomie, Kiel, 1888.
Foster B., Professor der Medizin, Birmingham, 1866.
Fresenius C. R., Professor der Chemie, Wiesbaden, 1857.
Geinitz H. B., Professor der Geologie, Dresden, 1861.
Gerichten Dr. E. v., Strassburg i/E., O.M. 1873, K.M. 1883.
Groth P., Professor der Mineralogie, München, 1888.
Günther S., Professor der Geographie, München, O.M. 1873, K.M. 1874.
Hansen A., Professor der Botanik, Giessen, O.M. 1879, K.M. 1882.
Hasse E., Professor der Medizin, Göttingen, 1844.
Heller A., Professor der Medizin, Kiel, O.M. 1869, K.M. 1872.
Hertwig O., Professor der Anatomie, Berlin, 1889.
Hertwig R., Professor der Zoologie, München, 1889.
Hoyer H., Professor der Histologie und Entwicklungsgeschichte, Warschau, 1884.
Hubrecht A., Professor der Zoologie, Utrecht, O.M. 1874, K.M. 1875.
Immermann H., Professor der spez. Pathologie und Therapie, Basel, O.M. 1866, K.M. 1871.
Karrer F., Direktor der Irrenanstalt Klingenmünster, O.M. 1872, K.M. 1883.
Kjerulf Th., Professor der Mineralogie und Geologie, Christiania, 1882.
Knorr L., Professor der Chemie, Jena, O.M. 1883, K.M. 1886.
Koch R., Professor, Berlin, 1883.
Königs W., Professor der Chemie, München, 1888.
Kohlrausch F., Professor der Physik, Strassburg, 1883.
Krause W., Professor der Anatomie, Berlin, 1861.
Kries J. v., Professor der Physiologie, Freiburg i/Br., 1889.
Kühne W., Professor der Physiologie, Heidelberg, 1886.
Lepine, Professor der Medizin, Lyon, 1888.
Lieben A., Professor der Chemie, Wien, 1870.
Liebermeister C. v., Professor der Medizin, Tübingen, 1866.
Limpricht H., Professor der Chemie, Greifswald, 1856.

Lüroth J., Professor der Mathematik, Freiburg i/Br., 1883.
Meissner G., Professor der Physiologie, Göttingen, 1860.
Meyer V., Professor der Chemie, Heidelberg, 1883.
Michel J., Professor der Augenheilkunde, Würzburg, O.M. 1873, K.M. 1878.
Müller F. Baron v., Direktor des bot. Gartens, Melbourne, 1860.
Müller W., Professor der path. Anatomie, Jena, O.M. 1856, K.M. 1861.
Ost H., Professor der Chemie, Hannover, 1889.
Oudemans C. A. J. A., Professor der Botanik, Amsterdam, 1861.
Pechmann H. Frhr. v., Professor der Chemie, München, 1889.
Prym F., Professor der Mathematik, Würzburg, 1883.
Richthofen F. Frhr. v., Professor der Geographie, Berlin, 1883.
Rindfleisch G. E., Professor der pathologischen Anatomie, Würzburg, 1883.
Röntgen W. C., Professor der Physik, Würzburg, 1889.
Rothmund A. v., Professor der Ophthalmologie, München, 1887.
Saemisch Th., Professor der Ophthalmologie, Bonn, 1887.
Saporta G. Marquis de, Aix, 1883.
Sattler H., Professor der Ophthalmologie, Leipzig, O.M. 1876, K.M. 1886.
Schwalbe G., Professor der Anatomie, Strassburg i/E., 1886.
Schweinfurth Dr. G., Kairo, 1865.
Sohncke L., Professor der Physik, München, 1889.
Sonderegger Dr., St. Gallen, 1883.
Steiner J. Dr., Arzt, Cöln, O.M. 1876, K.M. 1879.
Strasburger E., Professor der Botanik, Bonn, 1883.
Suringar R., Professor der Botanik, Leyden, 1865.
Ullrich H., Direktor der Irrenanstalt Kaufbeuern und Irsee, O.M. 1874, K.M. 1888.
Volhard J., Professor der Chemie, Halle, O.M. 1879, K.M. 1882.
Weyl Th. Dr., Berlin-Charlottenburg, O.M. 1879, K.M. 1883.
Wislicenus J., Professor der Chemie, Leipzig, 1864.
Zittel C. A. v, Professor der Palaeontologie, München, 1883.
Zuntz, Professor der Physiologie, Berlin, 1889.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihre korrespondierenden Mitglieder: F. A. Flückiger, H. Hertz, J. Hyrtl.

Vorstand.

Vom 1. Mai 1894 an besteht derselbe aus den Herren:
Noether, I. Direktor,
Hauser, II. Direktor,
Knoblauch, I. Sekretär,
Blanckenhorn, II. Sekretär,
Böttiger, Kassier.

Tauschverkehr.

Zu den Gesellschaften, mit welchen die Societät in Tauschverkehr steht, sind im Laufe des Jahres 1894 hinzugetreten:
Amsterdam, Akademie van Wetenschappen.
Budapest, Ungarische Akademie der Wissenschaften.
Kopenhagen, Medicinske Selskab.
Madison, Wisconsin Academy.
Neapel, Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche (Società Reale di Napoli).
Tufts College (Mass.).
Turin, Accademia delle Scienze.
Upsala, Läkareförening.

Zusendungen von Büchern etc. für die Gesellschaft wolle man direkt an die Societas Physico-Medica zu Erlangen richten, welche, sofern nicht **besondere** Empfangsanzeige **verlangt** wird, für eingegangene Schriften **nur** in dem folgenden Verzeichnisse dankt.

Verzeichnis

der vom 1. Januar bis 31. Dezember 1894 eingelaufenen Druckschriften:

A) im Tauschverkehr.

Amsterdam, Koninklijke Akademie van Wetenschappen:
Augsburg, Naturhistorischer Verein für Schwaben und Neuburg: Bericht 31 (1894).
Aussig, Naturwissenschaftlicher Verein: Thätigkeitsbericht 1887—93.
Baltimore, American Chemical Journal 14 (1892), Nr. 8. 15 (1893), Nr. 1—7.
— Johns Hopkins University, Biological Laboratory: Studies 5. Nr. 2—4.
Bamberg, Naturforschende Gesellschaft:
Basel, Naturforschende Gesellschaft:
Batavia, Natuurkundig Vereeniging in Nederl.-Indïe: Tijdschrift 53 (1894).
Bergen, Bergens Museum:
Berlin, Akademie der Wissenschaften: Sitzungsberichte 1893, Nr. 49—53. 1894, Nr. 1—51; Mathematische und naturwissenschaftliche Mitteilungen 1893, Nr. 8—10. 1894, Nr. 1—5.
— Botanischer Verein der Provinz Brandenburg: Verhandlungen 35 (1894).
— Deutsche chem. Gesellschaft: Berichte 26 (1893), Nr. 19. 20. 27 (1894), Nr. 1—18.
— Geol. Landesanstalt und Bergakademie: Jahrbuch 13 (1892).
— Verein für innere Medizin: Verhandlungen 13 (1893/94).
— Deutsche Medizinalzeitung: 14 (1893), Nr. 104. 15 (1894), Nr. 1—104. 16 (1895), Nr. 1.
— Medizinische Gesellschaft: Verhandlungen 24 (1893).
— Gesellschaft naturforschender Freunde: Sitzungsberichte 1893.
— Physikalische Gesellschaft:
— Physiologische Gesellschaft:
— Polytechnische Gesellschaft: Polytechnisches Centralblatt 6 (1893/94), Nr. 6—24. 7 (1894/95), Nr. 1—5.

Bern, Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen 50 (1893).
Bonn, Naturhistorischer Verein für die preussischen Rheinlande und Westphalen: Verhandlungen 51 (1894), Nr. 1.
Bordeaux, Société des Sciences physiques et naturelles:
Boston, American Academy of Arts and Sciences:
— Society of Natural History: Proceedings 26, Nr. 1.
Braunschweig, Verein für Naturwissenschaften:
Bremen, Naturwissenschaftlicher Verein: Abhandlungen XIII, Nr. 1 nebst Jahresbericht und Supplement.
Breslau, Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur: Jahresbericht 71 (1893).
Brünn, Naturforschender Verein: Verhandlungen 31 (1892). — Bericht der meteorologischen Commission 11 (1891).
Brüssel, Académie Royale de Médecine de Belgique: Bulletin 7 (1893), Nr. 10. 11. 8 (1894), Nr. 1—10.
— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique:
— Société Entomologique de Belgique: Annales 37 (1893).
— Société Royale de Botanique de Belgique: Bulletin 30 (1891). 31 (1892). 32 (1894).
Budapest, Ungarische Akademie der Wissenschaften: Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn 1—11, a. — Értekezések a természettudományok köreből 23, Nr. 1—5. — Értekezések a mathematikai tudományok köreből 15, Nr. 1—3. — Mathematikai és természettudományi Értesitö 1—11. 12, Nr. 1—3.
Bukarest, Societatii de Sciinte Fizice: Buletinul 2 (1893), Nr. 9—12. 3 (1894), Nr. 1—8.
Cambridge (Mass.), Museum of Comparative Zoology at Harvard College: Bulletin 25, Nr. 2—11. — Report: 1892/93.
Chemnitz, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Bericht 12 (1889—92).
Cherbourg, Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathématiques:
Christiania, Kgl. Universität:
Chur, Naturforsch. Gesellschaft Graubündens: Jahresbericht 37 (1893/94).
Córdoba, Academia Nacional de Ciencias de la República Argentina: Boletin 12, Nr. 1—4. 13, Nr. 1—4.
Danzig, Naturforschende Gesellschaft: Schriften 8, Nr. 3. 4.
Dorpat siehe **Jurjew**.
Dresden, Gesellschaft für Natur- und Heilkunde:
— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis: Sitzungsberichte 1893, Juli bis Dezember. 1894, Januar bis Juni.
Dublin, Royal Dublin Society: Proceedings 7, Nr. 5. 8, Nr. 1, 2. — Transactions 4, Nr. 14. 5, Nr. 1—4.

Dublin, Royal Irish Academy: Proceedings 3, Nr. 1. 2. — Transactions 30, Nr. 11—14.
Dürkheim, Pollichia: Mitteilungen 7 nebst C. Mehlis, Der Drachenfels bei Dürkheim. Neustadt a. d. H. 1894.
Edinburg, Royal College of Physicians:
— Botanical Society: Transactions 19, S. 233—636. 20, Nr. 1.
— Physical Society: Proceedings 1892/93. 1893/94.
— Royal Society: Proceedings 19 (1891/92). — Transactions 37, Nr. 1. 2.
Elberfeld, Naturwissenschaftlicher Verein:
Emden, Naturforschende Gesellschaft: Jahresbericht 78 (1892/93).
Florenz, Biblioteca Nazionale Centrale: Bollettino delle pubblicazioni italiane Nr. 194—215.
— Istituto di Studi Superiori:
— Società Botanica Italiana: Bullettino 1893, Nr. 8—10. 1894, Nr. 1—7. — Nuovo Giornale Botanico 25 (1893), Nr. 4. N. S. 1 (1894), Nr. 1—4.
— Scuola d'Anatomia Patologica:
Frankfurt a. M., Aerztlicher Verein: Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens, die Krankenhäuser und die öffentlichen Gesundheitsverhältnisse der Stadt Frankfurt a. M. 37 (1893). — Tabellarische Mitteilungen betreffend den Civilstand der Stadt Frankfurt a. M. 1893.
— Senckenbergische Naturforsch. Gesellschaft: Bericht 1894. — Abhandlungen 18, Nr. 1—3.
— Physikalischer Verein: Jahresbericht 1892/93.
Frankfurt a. O., Naturwissenschaftlicher Verein: Helios. Monatliche Mitteilungen aus dem Gesammtgebiete der Naturwissenschaften 11 (1893), Nr. 6—12. 12 (1894), Nr. 1—6. — Societatum Litterae 7 (1893), Nr. 8—12. 8 (1894), Nr. 1—9.
Frauenfeld, Thurgauische Naturforschende Gesellschaft:
Freiburg i. B., Naturforschende Gesellschaft: Berichte 8.
Fulda, Verein für Naturkunde:
St. Gallen, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Bericht 1891/92.
Genf, Société de Physique et d'Histoire Naturelle: Compte rendu 10 (1893).
Gent, Kruidkundig Genootschap Dodonaea:
Genua, Accademia Medica: Bolletino 6 (1891), Nr. 5. 7 (1892), Nr. 1—4.
— Museo Civico di Storia Naturale: Annali 9—13.
— Università di Genova:
Giessen, Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde:
Görlitz, Naturforschende Gesellschaft:
Göttingen, Gesellsch. der Wissenschaften: Nachrichten 1893, Nr. 15—21. 1894, Nr. 1—3. — Geschäftliche Mitteilungen 1894, Nr. 1.

Graz, Verein der Aerzte in Steiermark: Mitteilungen 30 (1893).
— Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: Mitteilungen 30 (1893).
Greifswald, Naturwissenschaftl. Verein für Neu-Vorpommern und Rügen: Mitteilungen 25 (1893).
Haarlem, Musée Teyler: Archives Sér. II, Vol. 4, Nr. 2.
— Société Hollandaise des Sciences: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles 27 (1893), Nr. 4. 5. 28 (1894), Nr. 1—4.
Halifax, New Scotian Institute of Science: Proceedings and Transactions Ser. II, Vol. 1, Nr. 2. 3.
Halle a. S., Kaiserl. Leopoldino-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher: Leopoldina 29 (1893), Nr. 21—24. 30 (1894), Nr. 1—20.
— Naturforschende Gesellschaft:
— Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen: Zeitschrift für Naturwissenschaften 67 (1894), Nr. 1—4.
Hamburg, Naturwissenschaftlicher Verein von Hamburg-Altona: Verhandlungen III. Folge, 1 (1894).
— Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung:
Hanau, Wetterauische Gesellschaft für die gesammte Naturkunde:
Hannover, Naturhistorische Gesellschaft: Jahresbericht 42. 43 (1891—93).
Heidelberg, Naturhistorisch-Medizinischer Verein: Verhandlungen 5, Nr. 2.
Helsingfors, Societas pro Fauna et Flora Fennica:
— Societas Scientiarum Fennica: Acta 19 (1893). — Bidrag till kännedóm af Finlands Natur och Folk 52. 53. — Öfversigt 35 (1892/93). — Observations publiées par l'Institut Météorologique Central 3—8. 9, Nr. 1. 10, Nr. 1. 11, Nr. 1. — Observations météorologiques 1881/2—1887/8.
Jekaterinburg, Société Ouralienne de Médecine:
Jena, Medizinisch-Naturwissenschaftliche Gesellschaft:
Innsbruck, Naturwissenschaftl.-Medizin. Verein: Berichte 21 (1892/93).
Iowa City, Laboratories of Natural History of the State University of Iowa:
Jurjew, Naturforschende Gesellschaft: Archiv für die Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands Serie II, Bd. 10, Nr. 3. 4. — Sitzungsberichte 10, Nr. 2.
Karlsruhe, Naturwissenschaftlicher Verein:
Kasan, Société Physico-Mathématique: Bulletin Sér. II, T. 3. 4, Nr. 1—3.
Kassel, Verein für Naturkunde: Bericht 39.
Kiel, Naturwissenschaftlicher Verein in Schleswig-Holstein:
Kiew, Société des Naturalistes:
Klausenburg, Siebenbürgischer Museumsverein: Értesitö 18 (1893), I, Nr. 1—3. II, Nr. 1—3.

Königsberg i. Pr., Physikalisch-Oekonomische Gesellschaft: Schriften 34 (1893).
Kopenhagen, K. Danske Videnscabernes Selskab: Oversigt 1893, Nr. 2. 3. 1894, Nr. 1. 2.
— Naturhistorisk Forening: Meddelelser 1893.
— Mediciniske Selskab: Forhandlinger 1893/94.
Landshut, Botanischer Verein: Bericht 13 (1892/93).
Lausanne, Société Vaudoise des Sciences Naturelles: Bulletin 113. 114.
Leipzig, Jablonowskische Gesellschaft:
— Naturforschende Gesellschaft:
— Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-Physikal. Klasse: Berichte 1893, Nr. 7—9. 1894, Nr. 1. 2.
— Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde: 11 (1893). 12 (1894).
— Medizinische Gesellschaft: Berichte 1893/94.
London, Nature Nr. 1261—1313.
— Mathematical Society: Proceedings 469—499. — List of Members 1894/95.
— Royal Society: Proceedings 328—340. — Transactions 184 (1893), A. B. — List of Members.
Lüneburg, Naturwissenschaftlicher Verein für das Fürstenthum Lüneburg:
Lüttich, Société Royale des Sciences de Liége:
Luxemburg, Institut Grand Ducal, Section Sciences Naturelles:
— Société Botanique du Grand-Duché de Luxembourg:
Madison (Wisc.), Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters Transactions 9 (1893), Nr. 1. 2.
Magdeburg, Naturwissenschaftlicher Verein: Jahresbericht und Abhandlungen 1893/94, Nr. 1 nebst Festschrift zum 25jähr. Jubiläum.
Mailand, Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere: Rendiconti 25 (1892).
— Società Italiana di Scienze Naturali: Atti 34, Nr. 4.
Marburg, Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften: Sitzungsberichte 1893.
Melbourne, Royal Geographical Society of Australia: Transactions 11 (1894).
Milwaukee (Wisc.), Public Museum of the City:
Minnesota, Geological and Natural Survey of Minnesota: Bulletin 10. — Report 21 (1892).
Moskau, Société Impériale des Naturalistes: Bulletin 1893, Nr. 4. 1894, Nr. 1. 2.
München, Gesellschaft für Morphologie und Physiologie: Sitzungsberichte 9 (1893), Nr. 3.
— Medizin.-Klinisches Institut:
— Aerztlicher Verein: Sitzungsberichte 3 (1893).
— Wochenschrift für Tierheilkunde u. Viehzucht 1893, Nr. 46—52.
Münster i. W., Westfäl. Provinzial-Verein für Wissenschaft und Kunst:

Neapel, Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche (Sezione della Società Reale di Napoli): Rendiconto 32 (Ser. II, Vol. 6, 1893), Nr. 1—12. 33 (Ser. II, Vol. 8, 1894), Nr. 1—10.
— Zoologische Station: Mitteilungen 11, Nr. 3.

Neuchâtel: Société des Sciences Naturelles:

New York, Academy of Sciences: Annals 6, Nr. 7—12. 8, Nr. 1—3. — Transactions 12 (1892/93).

Nürnberg, Medizinische Gesellschaft und Poliklinik: Jahresbericht 1893.
— Naturhistorische Gesellschaft: Abhandlungen 10, Nr. 2.
— Aerztlicher Lokalverein:
— Germanisches Nationalmuseum: Anzeiger 1893. — Mitteilungen 1893. — Katalog der Gemälde. 3. Auflage.

Odessa, Société des Naturalistes de la Nouvelle Russie: Mémoires 18, Nr. 1. 2.

Offenbach, Verein für Naturkunde:

Osnabrück, Naturwissenschaftlicher Verein:

Palermo, Circolo Matematico: Rendiconti 7 (1893), Nr. 6. 8 (1894), Nr. 1—6.

Paris, Société de Biologie: Comptes rendus et Mémoires 1893, Nr. 38. 39. 1894, Nr. 1—34.
— Société Linnéenne: Bulletin 138. 141. 142.
— Société Zoologique de France: Bulletin 18 (1893), Nr. 5. 6.

Passau, Naturhistorischer Verein:

Perugia, Accademia Medico-Chirurgica: Atti e Rendiconti 5, Nr. 4. 6, Nr. 1.

Petersburg, Académie des Sciences: Bulletin Nouv. Sér. 1, Nr. 1—3.
— Hortus Petropolitanus:
— Société des Naturalistes: Section de Botanique, Bulletin 24 (1893).

Philadelphia, Academy of Natural Sciences: Proceedings 1893, Nr. 2.
— College of Physicians:
— Wagner Free Institute of Science:
— American Philosophical Society: Proceedings 141.

Pisa, Scuola Normale Superiore (Scienze Fisiche e Matematiche):
— Società Toscana di Scienze Naturali:

Prag, Königlich Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften: Jahresbericht 1893. — Sitzungsberichte (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse) 1893.
— Lese- und Redehalle der deutschen Studenten: Bericht 1893.

Regensburg, Naturwissenschaftlicher Verein: Berichte 4 (1892/93).

Riga, Naturforscher-Verein:

Rio de Janeiro, Museu Nacional:

Rochester, Academy of Sciences:

Rom, Accademia dei Lincei: Rendiconti (Classe di Scienze Fisiche etc.) 1893, Semestre II, Nr. 12. 1894, Semestre I, Nr. 1—12. Semestre II, Nr. 1—9.
— Accademia Medica:
— Gazzetta Chimica Italiana 23 (1893), Nr. 12. 24 (1894), I Nr. 1—6. II, Nr. 1—5.
Salem, Essex Institution:
San Francisco, California Academy of Sciences:
Santiago, Société Scientifique du Chili: Actes 2 (1892), Nr. 4. 3 (1893), Nr. 3—5. 4 (1894), Nr. 1—3.
— Deutscher Wissenschaftlicher Verein:
Stockholm, Svenska Vetenskaps-Akademie: Bihang 19 (1894) Nr. 1—4.— Handlingar 25 (1892), Nr. 1. — Öfversigt af Förhandlingar 50 (1893). — Ährling, Ewald, Carl von Linnés Brefvexling. Stockholm 1885.
Stuttgart, Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg:
Thorn, Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst: Mitteilungen 9.
Tokio, Medizinische Fakultät der Kaiserl. Japanischen Universität:
Toulouse, Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres:
Triest, Museo Civico di Storia Naturale:
— Società Adriatica di Scienze Naturali: Bolletino 15 (1893).
Tufts College (Mass.): Studies 1—3.
Turin, R. Accademia delle Scienze (Scienze Fisiche, Matematiche, Naturali): Atti 26—29. — Memorie Ser. II, Vol. 41—43. — Osservazioni Meteorologiche 1890—93.
Ulm, Verein für Mathematik und Naturwissenschaften:
Upsala, Läkareförening: Förhandlingar 1 (1865/66). 2. Aufl. 9 (1873/74)—11 (1875/76). 12 (1876/77), Nr. 1—6. 13 (1877/78). 14 (1878/79). 16 (1880/81) — 28 (1892/93). — Lennander, K. G., Aus der chirurg. Klinik von Upsala. Bericht üb. die Operationen 1892.
Utrecht, Provincial Utrechtsch Genootschap: Aanteekeningen 1893.
Washington, National Academy of Sciences: Memoirs 6 (1893).
— Smithsonian Institution: Miscellaneous Collections 34. 36. — Report 1891. — Pilling, Bibliography of the Salishan Languages. Washington 1893. — Pilling, Bibliography of the Chinookan Languages. Washington 1893.
— Library of the Surgeon Generals Office:
Wernigerode, Naturwissenschaftl. Verein des Harzes: Schriften 8 (1893).
Wien, Akademie der Wissenschaften (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse): Sitzungsberichte, von Abteilung IIa. IIb. III je Band 102, Nr. 1—7.
— Zoolog.-Botan. Gesellschaft: Verhandlungen 43 (1893), Nr. 3. 4.
— Naturhistorisches Hofmuseum: Annalen 8 (1893), Nr. 3. 4. 9 (1894), Nr. 1. 2.

Wien, Geologische Reichsanstalt: Jahrbuch 43 (1893), Nr. 2—4. 44 (1894), Nr. 1. — Verhandlungen 1893, Nr. 11—18. 1894, Nr. 1—9.

— Naturwissenschaftl. Verein an der Universität: Mitteilungen 1893/94.

— Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse: Schriften 34 (1894).

Wiesbaden, Nassauischer Verein für Naturkunde: Jahrbücher 47 (1894).

Würzburg, Physikal.-Medizinische Gesellschaft: Sitzungsberichte 1893. — Verhandlungen 27 (1893).

Zürich, Naturforschende Gesellschaft: Neujahrsblatt 1894. — Vierteljahrschrift 38 (1893), Nr. 3. 4. 39 (1894), Nr. 1. 2.

Zwickau, Verein für Naturkunde: Jahresbericht 1892. 1893.

B) als Geschenk.

Allen, Harrison, Defective Conditions of the Vocal Organs Studied in Connection with Questions of the Oral Method of Training the Deaf; The Tongue. Lectures. 1892.

Hertz, H., Die Prinzipien der Mechanik. Leipzig 1894.

Oliver, Charles A., Correlation theory of colŏr-perception. Reprint from „Philadelphia Medical Times“. Philadelphia 1884.

— The comparative action of hydrobromate of homatropine and of sulphate of atropia upon the iris and ciliary muscle. Extract. from „American Journal of the Medical Sciences“. Philadelphia 1881.

— The comparative action of sulphate of Daturia and of sulphate of Hyoscyamia upon the iris and ciliary muscle. Reprint from „American Journal of the Medical Sciences“. Philadelphia 1882.

— Third annual report of the Ophthalmological Department of the State Hospital at Norristown for 1888. Extract. from the 8th Annual Report.

Sandberger, F. v., Bemerkungen über eine Kalktuff-Ablagerung im Becken von Wiesbaden. — Bemerkungen über einige Formen des Mosbacher Sandes. — Separatabdrücke aus „Neues Jahrbuch für Mineralogie“ 1895, Band I.

Schweinfurth, G., Translation of a note on the salt in the Wady Rayan. [1894].

Veröffentlichungen des Allgemeinen Deutschen Bäderverbandes. Herausgegeben von F. C. Müller und J. H. F. Kraner. Jahrgang 2 (1893).

Sitzungen.

Die physikalisch-medizinische Societät hielt vom 1. November 1893 bis zum 31. Dezember 1894 sieben Sitzungen ab, deren wissenschaftliches Material teilweise in dem zuletzt erschienenen Hefte, teilweise in den nachstehenden Sitzungsberichten niedergelegt ist.

Verzeichnis der in den Sitzungen gehaltenen Vorträge.

Sitzung am 13. XI. 1893.

O. Knoblauch: Ueber Fluorescenz von Lösungen.

E. Wiedemann: Ueber Ozonbildung unter dem Einflusse elektrischer Entladungen.

I. Rosenthal: Mitteilung über Herzgifte.

Sitzung am 11. XII. 1893.

E. Beckmann: Mitteilungen über Untersuchungen von Nahrungs- und Genussmitteln.

H. Ebert: Ueber die Entwickelung der Theorien der elektrischen Erscheinungen vom Standpunkte der reinen Bewegungslehre aus.

Sitzung am 12. II. 1894.

E. Wiedemann: Ueber elektrische Entladungen.

G. Hauser: Demonstration von mit Formalin fixirten Bakterienkulturen.

M. Busch: Zur Kenntnis der Chinazoline.

Sitzung am 7. III. 1894.

A. v. Strümpell: J. Charcot.

H. Ebert: H. Hertz.

Sitzung am 11. VI. 1894.

I. Rosenthal: 1) Bericht über den XI. internationalen medizinischen Kongress in Rom.
2) Ueber thermoelektrische Bestimmung der Temperatur zu physiologischen Zwecken.

E. Selenka: Ueber die mongolische Rasse.

Sitzung am 9. VII. 1894.

E. Selenka: Kurze Mitteilung über den Schädel des Orangutan.
R. Fleischer: Kleinere Mitteilungen:
1) Ueber den Zuckergehalt verschiedener Backwaren.
2) Ueber die Wirksamkeit der Darmfermente.

Sitzung vom 10. XII. 1894.

I. Rosenthal: Demonstration einer Taube ohne Grosshirn.
A. Spuler: Zur Kenntnis der Schmetterlingsschuppen.
O. Knoblauch: Ueber Lichterscheinungen während der Krystallisation.

Inhalt.



Jean Martin Charcot.

Von Professor Dr. Adolf v. Strümpell.

(Gedächtnisrede gehalten in der Allgemeinen Sitzung am 7. März 1894.)

Am 16. August des vergangenen Jahres 1893 starb plötzlich und für die ferner Stehenden gänzlich unvermutet Jean Martin Charcot im Alter von 68 Jahren. Als diese Trauerbotschaft damals durch die ärztliche Welt und, wie man sagen kann, durch alle Kreise der Gebildeten eilte, wusste Jedermann, dass die Wissenschaft einen der grössten medizinischen Forscher aller Zeiten und die Kranken den berühmtesten Arzt der Gegenwart verloren hatten. Charcot's Name war nicht nur in seinem Heimatlande Frankreich, sondern in ganz Europa und in allen anderen zivilisierten Teilen der Erde bekannt. Von überall her, aus Europa, Nord-Afrika, Asien und Amerika kamen alljährlich in grosser Zahl Leidende nach Paris gepilgert, um hier bei Charcot Hülfe zu suchen, welche sie zu Hause nicht hatten finden können. Weit höher aber, als dieser ärztliche Ruhm, welchen sich zuweilen ja auch ein des Ruhmes Unwürdiger erwerben kann, stand die allgemeine wissenschaftliche Anerkennung, welche Charcot neidlos und enthusiastisch von allen Seiten entgegengebracht wurde. Auch unsere Societas physico-medica hat dieser Anerkennung öffentlichen Ausdruck gegeben, als sie ihn vor mehreren Jahren zu ihrem Ehrenmitglied ernannte. Unserem Kreise ziemt es daher auch, sich jetzt noch einmal das geistige Bild und die Bedeutung des Verstorbenen vors Bewusstsein zu führen und gern bin ich der Aufforderung unseres Vorsitzenden gefolgt, Ihnen, verehrte Herren, einige der wichtigsten Züge aus diesem Bilde darzulegen.

Ueber den äusseren Lebenslauf Charcot's vermag ich Ihnen nur wenige Daten mitzuteilen. Dieser Lebenslauf bietet auch, abgesehen von dem glänzenden Ziele, welches er erreichte, wenig Besonderes und Eigentümliches dar. Er spielt sich fast ganz ab in Pariser Hörsälen, Laboratorien und Krankenhäusern. Charcot's Leben war seine Arbeit und seine Forschung. Seine Heimat war Paris und zwar das schlichte, bürgerliche Paris.

Die Stätte seiner Lebensarbeit war die Salpêtrière in Paris, jenes grosse Siechenhaus, in welchem Tausende hülfloser und kranker Menschen verpflegt werden, welche durch ihre Leiden zu jeder sonstigen nützlichen Arbeit und Beschäftigung unfähig sind, an diesem Orte aber gerade durch ihre Leiden in eigenartiger Weise zu dem ideellen Fortschritte der Menschheit, zur Vermehrung des Wissens und der Erkenntnis beitragen. An dieser Salpêtrière hatte Charcot bereits bald nach Vollendung seiner medizinischen Studien das Jahr seines sogenannten Internats durchgemacht, hier wurde er später Chef de service (Oberarzt) und hier wurde ihm schliesslich im Jahre 1882 eine besondere Klinik für Nervenkrankheiten vom Staate eingerichtet.

Die besondere Art des Krankenmateriales, welches in der Salpêtrière untergebracht ist, musste die Aufmerksamkeit Charcots sehr bald vorzugsweise auf die Erkrankungen des Nervensystemes richten. Doch kommen wohl auch noch andere innere Umstände hinzu, welche dem Forschungstriebe Charcots gerade diese Richtung gaben. Die eigentümlichen funktionellen Leistungen des Nervensystems bringen es mit sich, dass bei keinem anderen Organ die Folgen der Erkrankung so häufig in äusserlich sofort auffallender, sichtlicher Weise und dabei in so wunderbar mannigfacher Form zu Tage treten, wie gerade bei den Erkrankungen der Nerven-Organe. Das schwerste Leiden des Herzens, der Lunge, des Magens, der Nieren kann bestehen, ohne dass der Kranke äusserlich andere, als allgemeine Zeichen seines Krankseins zur Schau trägt. Bei den eigentümlichen Lähmungen, Gehstörungen, Zuckungen, Zitterbewegungen, Krämpfen, Zwangsstellungen, Sinnes- und Geistesstörungen, welche durch Nervenleiden hervorgerufen werden, tritt dagegen häufig ein schon äusserlich ungemein auffallendes eigentümliches Krankheitsbild zu Tage. Zu der scharfen Erfassung und zum Festhalten dieser Krankheitsbilder gehört vor Allem eine Art künstlerischen plastischen Sinns, der das Charakteristische der äusseren Form rasch in sich aufnimmt, das Wesentliche vom Beiwerk leicht unterscheidet und hierdurch in den Stand gesetzt ist, auch im zunächst scheinbar Aehnlichen und Gleichartigen feinere, aber dabei doch wichtige und fundamentale qualitative Unterschiede zu erkennen. Dieser plastisch-künstlerische Sinn, für den Arzt und den Naturforscher überhaupt eine der wichtigsten Begabungen, ist eine häu-

fige glänzende Eigenschaft des französischen Geistes. Ihm verdanken wir die grössten Leistungen der französischen naturalistischen Malerschulen und es ist wohl auch kaum Zufall, dass in Frankreich gerade die Neurologie, welche nach dem vorhin Gesagten dieser Eigenschaft besonders bedarf, unter allen medizinischen Einzeldisziplinen die meisten glänzenden Vertreter gefunden hat. Charcot besass die erwähnte Eigenschaft im allerhöchsten Grade. Er selbst hat es auch sehr wohl gewusst, wie viel er dieser Begabung verdankt und immer wieder von Neuem betont er in seinen Vorlesungen seinen Schülern gegenüber, was es heisst „Sehen“ und „Sehen lernen“. Der gewöhnliche Mensch sieht nur das, was er zu sehen gelernt hat. Der Forscher, der mehr sieht, als ein anderer vor ihm gesehen hat, ist daher ein wahrer Seher!

Für den, der noch nicht sehen gelernt hat, ist jeder Gelähmte nur ein armer Krüppel, der seiner Gliedmassen nicht Herr und in dem Gebrauche derselben beschränkt ist, jeder Krampfkranke nur ein Mensch, der Arme oder Beine nicht still halten kann oder mit denselben um sich schlägt. Wie der Laie in jedem Vogelsang nur im Allgemeinen das Zwitschern und Pfeifen, der Vogelkundige aber hundert Unterschiede hört, wie den Laien die zahllosen Blumen des Waldes höchstens nach Grösse und Farbe verschieden zu sein scheinen, wo der Botaniker eine Fülle verschiedener Arten unterscheidet, so haben uns die grossen Neurologen und in den letzten Jahrzehnten vor Allen Charcot gelehrt, an den unbeweglichen, schlecht beweglichen oder krampfhaft bewegten Gliedmassen der Nervenkranken Unterschiede zu sehen, welche man früher nicht zu sehen verstand und in dem allgemeinen Bilde der Lähmung oder des Krampfes übersehen hatte. Wohl war es ein glücklicher Umstand, dass dieses sehende Auge Charcots seinen Blick richten durfte auf eine solche Fülle des zu Sehenden, wie es in der Salpêtrière angehäuft war, wo man wirklich nur zu sehen brauchte, um Entdeckungen zu machen. Aber ungeschmälert bleibt doch Charcots Verdienst, dass er das, was zu sehen war, auch wirklich sah.

Gleich die ersten Arbeiten, durch welche Charcot sich in der Neuropathologie berühmt machte, waren ein Ergebnis dieses Sehens. Schon längst wusste man, dass bei vielen Nervenkrankheiten ein Zittern in den Armen und Beinen vorkommt und

hatte auch für manche dieser Zitter-Krankheiten besondere Namen aufgestellt. Charcot sah aber, dass dieses Zittern, so gleichartig es auch bei oberflächlicher Betrachtung in allen Fällen erschien, bei genauerer Beobachtung doch bei verschiedenen Kranken in ganz verschiedener Weise auftritt. Bald bemerkte er es nur dann, wenn die Kranken sich völlig ruhig verhalten sollten, bald dagegen trat das Zittern nur dann in störender Weise auf, wenn die Kranken eine bestimmte Bewegung ausführen wollten, bald erfolgte es in regelmässig rhythmisch-oscillatorischer, bald in unregelmässig hin- und herfahrender Weise, bald war es mit diesen, bald mit jenen Nebenerscheinungen vereinigt. So kam Charcot darauf, von den vielen mit Zittern verbundenen Nervenkrankheiten zunächst vor Allen zwei besondere Formen abzusondern, von welchen er nun unter Berücksichtigung aller anderen Krankheitssymptome das vollständige charakteristische Krankheitsbild schuf: es waren dies die sogenannte Paralysis agitans und die sogenannte Multiple Sclerose des Nervensystems. Beide Krankheiten waren vor Charcot zwar nicht völlig unbekannt, aber sie wurden vielfach mit einander und mit anderen Krankheitsformen verwechselt. Charcot schuf ihr „Bild", d.h. fixierte ihre eigenartigen charakteristischen Züge, lehrte sie sicher von einander zu trennen und im einzelnen Falle daher leicht jeder Zeit wiederzuerkennen. Wenn auch die von Charcot vor jetzt ca. 25 Jahren gezeichneten Krankheitsbilder später in einigen, keineswegs zahlreichen Einzelnheiten vervollständigt wurden, so sind sie doch, weil sie der Natur selbst mit sehendem Blick entnommen waren, noch jetzt unverblasst und in ihrer Wahrheit ein unvergänglicher Besitz der Wissenschaft geworden.

Dies eine Beispiel mag genügen, um Ihnen die Bedeutung Charcots für das, was er als „Nosographie" bezeichnete, zu kennzeichnen. Ich muss mich jetzt einer zweiten, womöglich noch wichtigeren Richtung der Charcot'schen Arbeiten zuwenden, der Verbindung dieser Nosographie mit der pathologischen Anatomie. Wenn ich vorhin das künstlerische Talent für die rasche und sichere Auffassung des Aeusseren als einen besonders häufigen Vorzug des französischen Geistes bezeichnete, so hatte gerade dieses Talent schon vor Charcot einem anderen französischen Neurologen seine Bedeutung verliehen, dem ersten glänzenden Begründer der neueren französischen Neurologie Duchenne

(de Boulogne). Duchenne war ebenfalls ein Seher, ein klinisches Genie ersten Ranges, der aus der Fülle klinischer Erscheinungen zum ersten Male eine ganze Reihe charakteristischer Typen herausfand und wissenschaftlich fixierte. Allein Duchenne blieb im Wesentlichen bei seinen klinischen Untersuchungen stehen; freilich keineswegs aus Mangel an Einsicht und Wissenstrieb, als vielmehr durch äussere Umstände gezwungen (D. war niemals selbständiger Leiter eines grossen Krankenhauses) und im Zusammenhange mit dem ganzen damaligen Zustande der pathologisch-anatomischen Forschung.

Charcot stellte sich dagegen von vornherein auf den Standpunkt, dass die anatomische Untersuchung des gestorbenen Patienten in jedem Falle der notwendige und unabweisbare Schlussstein der wissenschaftlich-ärztlichen Untersuchung sein müsse. Die Methoden dieser Forschung waren Charcot von Anfang an geläufig; seit 1872 war er als ordentlicher Professor für pathologische Anatomie an der Pariser Fakultät angestellt. Diese in ihm persönlich erfolgende Vereinigung klinischer und anatomischer Forschungen war es, welcher er die grössten wissenschaftlichen Erfolge zu verdanken hatte.

Bei der Erforschung der Krankheiten des Nervensystems spielt die pathologische Anatomie eine ganz besondere, auch von ihrer sonstigen Bedeutung etwas abweichende Rolle. Zunächst muss ich daran erinnern, dass gerade im Nervensystem die krankhaften anatomischen Vorgänge sich oft nur an den feinsten, blos mikroskopisch sichtbaren Bestandteilen der Nervenorgane abspielen. Daher kommt es, dass die pathologische Anatomie des Nervensystems zu einer Zeit, wo die meist viel leichter erkennbaren groben anatomischen Veränderungen der erkrankten übrigen inneren Organe (Lunge, Herz, Magen, Niere) schon recht gut bekannt waren, sich nur auf einen verhältnismässig sehr kleinen Teil der überhaupt vorkommenden krankhaften Veränderungen beschränkte. Wohl kannte man schon lange die grossen Blutungen, Erweichungen und Geschwülste im Nervensystem. Die zahlreichen feinen und durch gewisse Eigentümlichkeiten besonders interessanten und wichtigen Erkrankungsformen des Nervensystems konnten aber erst allmählich entdeckt werden, seitdem die Fortschritte der mikroskopischen Technik es ermöglichten, auch die durch die feineren Erkrankungen einzelner Nervenfasern

und Nervenzellen hervorgerufenen Veränderungen genau zu erkennen. Auch hier war Charcot wieder zur rechten Zeit der rechte Mann am rechten Ort. Anatomisches Material bot gerade die Salpêtrière mit ihren zahlreichen unheilbaren Nervenkranken in grösster Fülle dar und die Fortschritte mikroskopischer Technik, welche vorzugsweise an deutsche Namen und nicht zum Mindesten auch an den Namen unseres verehrten Erlanger Mitgliedes Joseph Gerlach geknüpft sind, konnte sich Charcot leicht zu Nutze machen.

Bei diesen anatomischen Arbeiten war es nun, wobei bald ein anderer Gesichtspunkt hervortrat, welcher, wie oben schon angedeutet, gerade der pathologischen Anatomie des Nervensystems ihr eigenes Gepräge giebt. In den Central-Organen des Nervensystems laufen alle jene unzähligen Fäden zusammen, welche zur Anregung und Regelung der willkürlichen und automatischen Bewegungen, zur Aufnahme aller der mannigfachen Sinneseindrücke, zur Beherrschung der Blutströmung und der chemischen Ernährungs- und Absonderungsvorgänge bestimmt sind. Leitungsbahnen und Centren sind aus gleichartigen histologischen Elementen, aus Zellen und Zellausläufern, zusammengesetzt, welche alle in gleichartiger Weise erkranken können. Aber da jede Gruppe dieser an sich gleichartigen Elemente in anderer Weise in den Gesamt-Organismus eingeschaltet ist und daher besonderen Funktionen zu dienen hat, so muss die gleichartige Erkrankung von an sich gleichartigen Teilen doch nach dem verschiedenen Ort, wo sie stattfindet, ganz verschiedene Folgen und funktionelle Störungen nach sich ziehen. So kommt es, dass in der pathologischen Anatomie des Nervensystems weit mehr, wie auf allen anderen verwandten Gebieten, neben der Art der Störung auch der Ort der Störung eine überaus grosse Rolle spielt. Während eine Lungenentzündung im Allgemeinen ziemlich dieselben klinischen Erscheinungen macht, ob sie rechts oder links, in einem oberen oder einem unteren Lungenlappen sitzt, müssen Krankheitsherde im Nervensystem, je nachdem sie weiter vorn im Grosshirn oder im Hinterhauptslappen, auf der rechten oder auf der linken Seite desselben, in dem verlängerten Mark oder im Rückenmark sitzen, ganz verschiedene Symptome machen, auch wenn die Krankheitsherde an sich durchaus die gleiche Beschaffenheit haben. Darum hat die pathologische Anatomie des Nervensystems sich vor Allem

auch mit der genauen Lokalisation der Erkrankungen zu beschäftigen. Sie gewinnt hierdurch eine ganz neue Bedeutung, indem sie jetzt über das rein anatomische Geschehen hinaus die wichtigsten Ergebnisse für die Frage nach den Funktionen und nach der Bedeutung der einzelnen Teile des Nervensystems liefert. Man erkennt sofort, dass die pathologische Anatomie des Nervensystems diese wichtige Aufgabe nur dann erfüllen kann, wenn sie vollkommen Hand in Hand mit der klinischen Beobachtung geht und diese Vereinigung der Arbeit wird in der Regel nur dann eine vollständige sein können, wenn die klinische und die anatomische Untersuchung in einer und derselben Hand ruht. Darum hat Charcot sich stets gegen die vollständige Abtrennung der pathologischen Anatomie von der Klinik ausgesprochen. Für ihn war die anatomische Untersuchung stets die notwendige Ergänzung und der Abschluss der klinischen Beobachtung. Er wusste, dass der Anatom, welcher den Kranken zu Lebzeiten nicht beobachtet hat, kein wesentliches Interesse daran haben kann, ob ein Krankheitsherd in dieser oder jener Hirnwindung, eine graue Degeneration mehr hinten oder mehr seitwärts im Rückenmark sich ausdehnt. Für den Kliniker, der vorher den Ausfall besonderer nervöser Funktionen beobachtet hatte, waren aber gerade diese scheinbar geringfügigen Unterschiede in der Lokalisation der Erkrankungen von der allergrössten Bedeutung. Denn sie boten ihm ein Mittel dar, über die besondere physiologische Funktion der einzelnen Teile des Gehirns und Rückenmarks ein bestimmtes Urteil zu gewinnen.

Charcot selbst hat auf diesem Wege eine Reihe der wichtigsten physiologischen Thatsachen gefunden, seine Schüler und Nachfolger haben mit derselben Methode weiter gearbeitet und mit Stolz können wir Kliniker behaupten, dass eine Reihe der wichtigsten Fundamental-Thatsachen über die Physiologie des menschlichen Gehirns und Rückenmarks durch diese klinisch-anatomische Methode zuerst festgestellt ist.

In seinen „Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau et de la moelle épinière“ hat Charcot die Summe seiner klinisch-anatomischen Erfahrungen über die Lokalisationsgesetze bei den Krankheiten des Nervensystems niedergelegt. Selbstverständlich benützte er zu seinen Schlüssen stets auch gleichzeitig die Ergebnisse der anatomischen und physiologischen Untersuch-

üng und es war gewiss wiederum ein glücklicher Umstand für ihn und die Neurologie, dass er sich bei seinen Beobachtungen auf die fast gleichzeitigen berühmten Entdeckungen der isolierten Reizbarkeit einzelner Teile der Grosshirnrinde bei Tieren und der nach bestimmten Gesetzen erfolgenden Ausbildung der Markscheiden in den einzelnen Faserzügen des Nervensytems stützen konnte. Allein in vielen Punkten schritt auch die Charcot'sche klinisch-anatomische Beobachtung allen übrigen Untersuchungsmethoden voran, so vor Allem in der ersten genauen Feststellung des grossen Faserzuges motorischer Nerven, welcher von bestimmten Teilen der Grosshirnrinde durch das Rückenmark hindurch zu den Muskeln hinzieht.

Die Lage der motorischen Centren in der Gehirnrinde des Menschen konnte zwar aus der Analogie mit den Ergebnissen der Tierexperimente einigermassen vermutet werden. Allein die ersten umfassenden und wirklich beweisenden klinisch-anatomischen Untersuchungen über diese Centren verdanken wir doch Charcot und seinen Schülern (Pitres u. A.), welche auf Grund eines umfassenden eigenen Beobachtungsmateriales und unter Heranziehung und Verwertung aller bis dahin bekannten fremden Einzel-Beobachtungen zuerst die Thatsache feststellten, dass hauptsächlich Erkrankungsherde in den beiden sogenannten Centralwindungen des Grosshirns zu motorischen Störungen führen. Charcot stellte ferner fest, dass die zu oberst gelegenen Abschnitte dieser Windungen zu den Muskeln der unteren Extremitäten in direkter Beziehung stehen, während in den mittleren Abschnitten die sog. „Centren" für die Armmuskeln, in den untersten Abschnitten die „Centren" für die Muskulatur des Gesichts und der Zunge gelegen sind. Er lehrte ferner gewisse wichtige Eigentümlichkeiten der durch Erkrankungen dieser Centren auftretenden motorischen Störungen kennen, den isolierten umschriebenen Charakter der cortikalen Lähmungen und ihre häufige Verbindung mit umschriebenen epilepsie-ähnlichen Krämpfen. Alle diese Feststellungen waren nicht nur von höchstem theoretischen Interesse, sondern hatten dadurch noch eine besonders grosse praktische Wichtigkeit, dass die jetzt oft mögliche genaue lokale Diagnose von Krankheitsherden in der Hirnrinde den Versuch eines operativen Eingriffs gestattete. Die zahlreichen glänzenden Erfolge der Gehirnchirurgie in den letzten Jahren sind nur möglich geworden durch

die Sicherheit, mit welcher wir Aerzte jetzt wenigstens in vielen Fällen den genauen Sitz einer Geschwulst oder eines Eiterherdes in der Gehirnoberfläche diagnostizieren können.

Allein auf die Feststellung der motorischen Rindencentren beim Menschen blieben die Untersuchungen Charcots nicht beschränkt. Durch die genauere anatomische Untersuchung von Fällen gewöhnlicher cerebraler Hemiplegie fand er die Stelle, wo die Gesamtmasse der von den einzelnen motorischen Rinden-Centren kommenden, nach abwärts konvergierenden Fasern sich zum ersten Mal in der sogenannten inneren Kapsel des Gehirns zu einem geschlossenen Bündel vereinigt, wo also schon ein kleiner, kaum kirschengrosser Erkrankungsherd eine vollständige Lähmung der ganzen gegenüberliegenden Körperhälfte bewirken kann. Er fand ferner, dass diese halbseitige motorische Lähmung mit einer gleichzeitigen Abnahme der Hautempfindlichkeit verbunden war, wenn der Krankheitsherd noch weiter nach hinten bis ans hinterste Ende der inneren Kapsel heranreichte und schloss daraus, dass hier, hinter der motorischen Bahn, der Durchgang der sensiblen Nervenfasern zur Hirnrinde in einem geschlossenen Bündel stattfinden müsse. Charcot entdeckte damit überhaupt die erste sichere Lokalisation der sensiblen Gehirnbahnen.

Fast noch wichtiger, weil von der grössten prinzipiellen Bedeutung für die gesamte Neuropathologie, war aber die Entdeckung einer besonderen eigentümlichen Krankheitsform, deren anatomische Grundlage in einer primären und symmetrischen Degeneration der ganzen motorischen Leitungsbahn von der Gehirnrinde bis zu den Muskeln besteht. Charcot fasste das hierdurch entstehende eigenartige Krankheitsbild in scharfer Weise auf, unterschied es von ähnlichen andern Zuständen und zeigte die völlige Kongruenz der klinischen Symptome mit der anatomischen Erkrankung. Seine Beschreibung dieser Krankheit war in der That von vorn herein eine so präcise und umfassende, dass spätere Beobachter nur in verhältnismässig nebensächlichen Punkten die Schilderung Charcots erweitern konnten. Mit völligem Recht nennen die Franzosen daher diese Krankheit, welche Charcot selbst in zutreffender Berücksichtigung der klinischen und anatomischen Vorgänge „sclérose latérale amyotrophique“ genannt hatte, die Maladie de Charcot. Die Lehre von der amyotrophischen Lateralsclerose entsprang, um mich eines Ausdrucks Pierre

Marie's zu bedienen, in der That fertig, wie Minerva, aus dem Haupte ihres Schöpfers.

Die grosse Bedeutung der Entdeckung der amyotrophischen Lateralsclerose liegt zunächst in dem hierbei zum ersten Mal mit Bestimmtheit geführten Nachweis, dass ein einzelnes bestimmtes physiologisches Fasersystem primär und isoliert erkranken kann. Diese Thatsache ist nicht nur vom allgemein-pathologischen Standpunkt aus höchst interessant; sie eröffnete auch eine Möglichkeit, in vollkommen sicherer Weise den Verlauf eines bestimmten Fasersystems, und zwar hier des grossen cortico-muskulären Leitungssystems, von seinem Ursprung bis zu seiner Endigung genau zu verfolgen. Unter normalen Verhältnissen, wo die einander vollkommen ähnlich aussehenden Nervenfasern aller möglichen Funktionen eng beisammen liegen, ist eine Sonderung der einzelnen Systeme gar nicht möglich. Ist aber ein bestimmter Faserzug erkrankt, so kann man denselben durch seine veränderte Beschaffenheit in jedem Querschnitt des Gehirns oder Rückenmarks leicht erkennen. Charcot konnte auf diese Weise durch die anatomische Untersuchung seiner Fälle von amyotrophischer Lateralsclerose den Nachweis liefern, dass die motorischen Fasern aus dem Gehirn durch die Pyramiden des verlängerten Marks in die Seitenstränge des Rückenmarks eintreten und von hier aus in Beziehung treten zu der centralen grauen Substanz desselben. Hier liegen in den sog. Vorderhörnen jene grossen Ganglienzellen, deren Ausläufer direkt in die peripherischen Nervenfasern übergehen und in den Muskeln endigen. Ein grosser Fortschritt war es ferner, dass Charcot zuerst die intime trophische Abhängigkeit der Muskeln von jenen soeben erwähnten Ganglienzellen nachwies und den seitdem hundertfältig bestätigten Satz aufstellte, wonach jede Erkrankung dieser Ganglienzellen eine Atrophie der zu ihnen gehörigen Muskeln zufolge haben muss.

Auf weitere Einzelheiten aus der grossen Reihe anatomischer und klinischer Arbeiten Charcots hier einzugehen, würde mich zu weit führen. Die mitgeteilten Beispiele werden Ihnen gezeigt haben, von wie grundlegender Bedeutung die wissenschaftliche Thätigkeit Charcots war. Bei der grossen Regsamkeit und dem ausdauernden Fleiss zahlreicher anderer gleichzeitiger Forscher auf neurologischem Gebiete war es Charcot natürlich nicht vorbehalten, auf allen Punkten ganz allein und selbständig seine

wissenschaftlichen Eroberungen zu machen. In vielen einzelnen Fragen trafen sich die von verschiedenen Seiten und zum Teil auch von ganz verschiedenen Standpunkten ausgehenden Arbeiten zusammen. Dann aber zeigte sich oft wiederum besonders deutlich die grosse Befähigung Charcots, die zahlreichen einzelnen herbeigetragenen Bausteine zu einem einheitlichen geschlossenen Gebäude zusammenzufügen. Besonderen Anlass hierzu gab meist die Art, wie Charcot seine eigenen Arbeiten und Untersuchungen fast ausschliesslich veröffentlichte, nämlich in seinen Leçons. In den Vorlesungen, welche er an der Salpêtrière, vor einem Publikum hielt, welches wohl nur zum kleinsten Teil aus Studenten, zum grössten aus Aerzten, ja sogar vielfach aus jüngeren Fachkollegen bestand, behandelte er in jedem Jahr ein Gebiet, welches ihn in der letzten Zeit besonders interessiert hatte. In diesen Leçons, die grösstenteils unmittelbar oder wenigstens bald darauf gedruckt erschienen, vereinigte Charcot die Summe seiner eigenen Beobachtungen mit allen fremden dasselbe Gebiet betreffenden Untersuchungen zu einem geordneten übersichtlichen Ganzen. Manche vereinzelte fremde Beobachtung fand hierbei jetzt erst ihre rechte Beleuchtung und ihre rechte Stelle. In der neurologischen Fachlitteratur war Charcot sehr bewandert und insbesondere dürfen wir Deutschen uns darüber freuen, dass er die deutsche Wissenschaft stets ungemein hoch geschätzt hat. In fast allen seinen Arbeiten findet man mindestens ebenso viel Citate aus der deutschen neurologischen Litteratur, wie aus der französischen.

Ein wichtiges Arbeitsfeld, dem sich Charcot in den letzten Jahren seines Lebens mit besonderer Vorliebe widmete, muss ich aber doch noch hier hervorheben. Es ist dies seine eingehende Beschäftigung mit der Hysterie und mit gewissen verwandten Erscheinungen, vor Allem mit dem Hypnotismus. Die klinische Sehergabe Charcots bewährte sich hierbei wiederum in bewunderungswürdiger Weise. Vor Charcot galt die Hysterie vielfach als eine Krankheit, in welcher gerade Regellosigkeit und Gesetzlosigkeit Gesetz und Regel sein sollten. Dem klinischen Scharfblick Charcots gelang es aber, auch in dieser verwirrenden Fülle scheinbar unvermittelter klinischer Erscheinungen Gesetz und Regel zu finden. Die ungemein grosse Häufigkeit, in welcher bei dem nervösen Volke der Franzosen die Hysterie auftritt, verschaffte Charcot ein enormes Beobachtungsmaterial. Die hyste-

rischen Kranken wurden schliesslich so zu sagen seine Lieblinge, und man kann Charcot nicht ganz von dem Tadel freisprechen, dass er in seinem Bestreben, auch hier feste klinische Gesetze zu finden, zuweilen zu rasch Verallgemeinerungen zog. Wer die Hysterie studieren will, muss vor Allem mit psychologischer Denkweise vertraut sein und verhältnismässig erst spät hat auch Charcot in der Hysterie das grundlegende psychologische Moment erkannt, durch dessen Wirksamkeit alle jene klinischen Gesetze eine ganz andere Bedeutung erlangen, wie bei den anderen anatomischen Erkrankungen des Nervensystems. Die Hysterie ist im Wesentlichen eine psychische Erkrankung, deren Erscheinungen nur ins körperliche Gebiet ausstrahlen. Durch das blosse Studium der körperlichen Symptome, wie es Charcot anfänglich gethan hat, werden wir daher niemals einen richtigen Einblick in das Wesen der hysterischen Erkrankungen erhalten. Wie bereits angedeutet, konnte diese Einsicht natürlich auch Charcot auf die Dauer nicht verschlossen bleiben. Hätte er länger gelebt, so würden wahrscheinlich auch seine zahlreichen Untersuchungen über die Hysterie den noch fehlenden Abschluss durch die genaue Erörterung des psychogenetischen Ursprungs aller echt hysterischen Erscheinungen gefunden haben.

Allein auch so ist die Summe dessen, was Charcot Grosses und Unvergängliches für die Neurologie geleistet hat, ungewöhnlich gross. Noch auf Jahrzehnte hinaus werden seine Arbeiten in vielen einzelnen Gebieten die Fundamente bilden, auf denen weiter gebaut werden muss. Und doch wäre es ein einseitiges Bild von Charcots wissenschaftlicher Bedeutung, wenn man ihn nur als den grossen Neurologen feiern wollte. Wie ich bereits vorhin erwähnt habe, war Charcot anfänglich Professor der pathologischen Anatomie und als solcher schon äusserlich genötigt, auch andere Gebiete ausser der Nervenpathologie in seinen Vorlesungen zu behandeln. Wenn diese Vorlesungen über Lungen-, Leber-, Nierenkrankheiten u. s. w. auch nicht die hohe wissenschaftliche Bedeutung besitzen, wie seine neurologischen Studien, so war es m. E. doch von der grössten Bedeutung für Charcot, dass er erst allmählich von diesem allgemein medizinischen Boden aus sich immer mehr und mehr auf sein späteres Spezialgebiet konzentrieren konnte. Weil Charcot zuerst Kliniker und Pathologe im allgemeinen Sinne des Wortes war, darum wurde er

später ein so grosser Neurologe. Denn jedes Spezialgebiet einer Wissenschaft kann in wahrhaft fördernder und fruchtbringender Weise nur betrieben werden, wenn man den Zusammenhang mit der Gesamtwissenschaft niemals aus den Augen verliert. Die Erfahrung hat uns stets gelehrt, dass die wahrhaft grossen Spezialisten zuvor und gleichzeitig stets auch bedeutende Forscher auf dem Gesamtgebiet ihrer Wissenschaft waren. So sind auch die grossen Neurologen fast alle zugleich grosse Pathologen gewesen: ich brauche nur an Namen wie Griesinger, Kussmaul, Friedreich u. A. zu erinnern. Noch mehr für die Neurologie als für die Klinik wäre es daher ein Unglück, wenn erstere von der letzteren abgetrennt werden sollte — wie hie und da der Wunsch geäussert worden ist!

Ich eile zum Schluss. Von dem wissenschaftlichen Forscher Charcot habe ich Ihnen in einigen grossen Umrissen ein Bild entworfen; gern würde ich Ihnen auch den Menschen Charcot noch näher bringen. Doch fehlen mir hierfür die genaueren Dokumente. Nur einmal habe ich die Freude gehabt, mit Charcot persönlich zusammenzukommen, in seinem schönen Landhause in Neuilly bei Paris, wohin er mich zur Zeit der letzten Pariser Ausstellung eingeladen hatte. Er entfaltete hier im Umgang alle Liebenswürdigkeit des gebildeten Franzosen und im Gespräch allen Esprit des französischen Gelehrten. Ein Blick auf die Einrichtung seiner Umgebung liess den vollendeten Geschmack des geübten Kunstliebhabers erkennen. Die Beschäftigung mit den bildenden Künsten war überhaupt eine der Lieblings-Erholungen Charcots. Ein besonderes Spezialstudium machte er aus dem Aufsuchen alter klassischer, meist italienischer Gemälde, auf denen irgend welche pathologischen Zustände abgebildet waren. Namentlich die zahlreichen Bilder von den Wunderheilungen Besessener, oder von Krüppeln und Lahmen flössten ihm Interesse ein und er wies unzweideutig nach, dass die alten Meister auch hierin getreu der Natur gefolgt sind. Denn in vielen dieser Bilder konnte man unzweideutig ganz bestimmte Krankheitszustände und zwar bemerkenswerter Weise meist unzweifelhaft hysterische Zustände wieder erkennen. Kein Wunder also, dass diese Wunder wirklich gelangen.

Als Lehrer genoss Charcot eine ganz ausserordentliche Beliebtheit. Sein Vortrag wird als nicht gerade äusserlich glän-

zend, aber doch im höchsten Grade klar und fesselnd geschildert. Gelesen, erscheinen die meisten seiner Vorträge auch der Form nach als klassische Meisterwerke. Unendlich gross war die wissenschaftliche Anregung, welche Charcot seinen Schülern, vor Allem natürlich seinen Landsleuten gegeben hat. Man kann unbedenklich behaupten, dass von allen einzelnen medizinischen Disziplinen gegenwärtig in Frankreich sicher die Neuropathologie den höchsten Rang einnimmt und dass dieser Umstand unzweifelhaft mit in erster Linie eine Folge der Wirksamkeit und allseitigen Anregung Charcots ist. Unter den Schülern Charcots befindet sich eine ganze Anzahl der ausgezeichnetsten neurologischen Forscher. Die „Schule der Salpêtrière" wird später ein historischer Sammelbegriff werden; als ihren Begründer und ihr Haupt wird man aber, so lange die Wissenschaft ihre Meister ehrt, stets mit Ehrfurcht und Dankbarheit nennen

Jean Martin Charcot.

Heinrich Hertz.

Von Hermann Ebert.

(Gedächtnisrede gehalten in der Allgemeinen Sitzung am 7. März 1894.)

Der erste Tag dieses Jahres hat uns ein Mitglied entrissen, dessen Verlust uns ganz besonders nahe berührt. Wenn nach langer Forscherlaufbahn, nach thatenreichem Leben ein Altmeister der Wissenschaft zur Ruhe eingeht, so beklagen wir den Verlust, aber wir fügen uns in das unerbittliche Walten der Naturgesetze. In Heinrich Hertz wurde uns ein Forscher ersten Ranges mitten in seinem Schaffen fast am Beginne des reiferen Mannesalters entrissen.

Die Trauerkunde hat die weitesten Kreise ergriffen, und so ist es wohl geziemend ihm auch an dieser Stelle einen kurzen Nachruf zu widmen.

Ueberblicken wir zunächst die Entwickelung seiner äusseren Lebensverhältnisse während der kurzen Spanne Zeit, welche ihm zu durchmessen vergönnt war [1]).

Heinrich Rudolf Hertz wurde am 22. Februar 1857 als ältester Sohn des damaligen Rechtsanwaltes, späteren Senators Hertz zu Hamburg geboren. Seine Mutter stammte aus Frankfurt a. M. Nachdem er bis zu seiner Konfirmation eine Bürgerschule besucht hatte, bereitete er sich in den Jahren 1873/74 im elterlichen Hause auf das Studium vor, trat Ostern 1874 in die Oberprima der Gelehrtenschule des Johanneums seiner Vaterstadt ein und verliess dieselbe Ostern 1875, also im 18. Lebensjahre, mit dem Zeugnis der Reife.

---

1) Die folgenden biographischen Notizen verdanke ich der Liebenswürdigkeit von Frau Professor verw. Hertz, wofür ich derselben auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aussprechen möchte.

Schon als Knabe entwickelte er neben grossen Geistesanlagen ein starkes Pflichtgefühl und ein ungewöhnlich reges Interesse an den exakten Wissenschaften.

Als zwölfjähriger Schüler besuchte er Sonntags die Gewerbeschule, um sich im geometrischen Zeichnen zu üben.

Neben den Schulfächern übte er eifrigst seine mechanischen Fertigkeiten und machte die gerade für den Physiker so wichtige praktische Schulung an der Hobel- und Drechselbank durch; sein Handgeschick liess ihn trotz der einfachsten Hilfsmittel ganz brauchbare Instrumente fertigen; so baute er sich einmal einen Spektralapparat u. a. m.

Als er das Gymnasium verlassen hatte, trat die Aufgabe an ihn heran, einen Beruf zu wählen. Der Wunsch, Nützliches und Dauerndes zu schaffen und die ihm angeborene übergrosse Bescheidenheit, welche ihn damals noch vollkommen daran zweifeln liess, auf rein wissenschaftlichem Gebiete jemals Befriedigendes leisten zu können, ausserdem wohl die frühgeweckte Freude an praktischer Bethätigung seiner Kräfte, liess ihn sich dem Ingenieurfache und zwar dem Baufache zuwenden. Zur Vorbereitung auf diesen Beruf arbeitete er während des Jahres 1875/76 als Volontär in dem städtischen Bauamte in Frankfurt a. M., eine Vorbereitung, die damals noch bei dem Baufache verlangt wurde. Hierauf ging er nach Dresden für das Sommersemester 1876 an die Technische Hochschule. Von Oktober 1876—77 erfuhren seine Studien eine Unterbrechung durch die Ableistung der einjährigen Militärdienstpflicht, der er im Eisenbahnregimente zu Berlin genügte. Im Herbst 1877 ging er nach München. Hier vollzog sich der bedeutsame Umschwung in Hertz, der ihn aus einem Manne der Praxis zu einem Gelehrten werden liess. Er erkannte, dass seine Natur nur in der Beschäftigung mit der Wissenschaft volles Genügen finden könne, und er wandte sich hier in München speziell der Mathematik und Physik zu.

Schon nach einem Jahre, im Herbst 1878, siedelte er an die Universität Berlin über, wo er in das v. Helmholtz'sche Laboratorium eintrat. Seine Ausbildung vollzog sich ungewöhnlich rasch. Schon 1879 löste er eine von der philosophischen Fakultät gestellte Preisarbeit über die in Spiralen und Drähten induzierten Extraströme, eine Arbeit, die experimentell wie theoretisch nicht leicht war; 1880 promovierte er, und im gleichen Jahre schon erwählte

ihn v. Helmholtz zu seinem Assistenten im physikalischen Institute, also nur drei Jahre, nachdem er sich überhaupt dem Studium der Physik zugewandt hatte.

Ostern 1883, also im 26. Lebensjahre, habilitierte er sich auf Rat von v. Helmholtz in Kiel und erhielt zugleich einen Lehrauftrag für theoretische Physik von Seiten des Preussischen Unterrichtsministeriums. Ostern 1885, 28 Jahre alt, erhielt er einen Ruf als ordentlicher Professor der Physik an die Technische Hochschule zu Karlsruhe. Hier sind seine bahnbrechenden experimentellen Arbeiten entstanden. 1886 verheiratete er sich mit Elisabeth Doll, der Tochter des Professors der Geodäsie an derselben Hochschule.

Als im Jahre 1889 der Tod den Begründer der mechanischen Wärmetheorie Clausius in Bonn hinwegraffte, trug man kein Bedenken, den damals erst 32 Jahre zählenden Hertz durch die Nachfolgerschaft eines Clausius zu ehren; Ostern 1889 wurde er nach Bonn berufen.

Hier in gesicherter, ehrenvoller Lebensstellung angelangt, geehrt und bewundert im In- und Auslande, in einem Alter, in dem gewöhnlich die Schaffenskraft sich erst voll entfaltet, meldete sich schon sehr bald der heimtückische Feind, der der bisher so glänzenden Laufbahn ein so tragisches Ende bereiten sollte. Schon seit Mitte des Jahres 1892 begann eine vielleicht von einer Eiterung in der Kieferhöhle ausgehende chronische Blutvergiftung seine frühere, treffliche Gesundheit zu untergraben. Die akute Gefahr, die im November 1892 eintrat, wurde durch eine glückliche Operation beseitigt und er konnte während des Sommersemesters 1893, ja bis zum 7. Dezember desselben Jahres, also bis kurz vor seinem Hinscheiden, die Vorlesungen abhalten, wenn auch zuletzt nur mit grosser Anstrengung. Dann aber äusserte die Krankheit in wenig Wochen ihre tödliche Wirkung; am ersten Januar dieses Jahres starb Heinrich Hertz im 37. Lebensjahre. Was er gelitten hat, war nach den Angaben der ihm nahe gestandenen, vor allem seiner Gemahlin, welche ihn bis zuletzt treulichst pflegte, unaussprechlich. Mit ihm starb nicht nur ein grosser Gelehrter, sondern auch ein edler Mensch, der das seltene Glück gehabt hat, viele Bewunderer, aber keinen Feind und Neider zu haben; wer ihm persönlich näher trat, war entzückt von seiner Bescheidenheit und hingerissen von seiner Liebenswürdigkeit; er war ein treuer

Freund seinen Freunden, ein geliebter Lehrer seinen Schülern, die sich, zum Teil weit herkommend, schon in grösserer Anzahl um ihn zu sammeln begannen, ein liebevoller Gatte und Vater den Seinigen.

Einfach und schlicht ist der äussere Lebensgang von Heinrich Hertz gewesen. Welche Welt thut sich uns aber auf, wenn wir das wissenschaftliche Leben betrachten, welches sich in jenem zeitlich so eng begrenzten Rahmen abspielt. Dasselbe in gedrängten Zügen in seiner Entwickelung zu schildern, soll die Aufgabe der folgenden Seiten sein.

Gewöhnlich spricht man nur von den späteren epochemachenden Arbeiten; sie sind es, welche allein in weiteren Kreisen bekannt geworden sind. Aber es ist sehr lehrreich, wieder einmal auf die älteren Arbeiten von dem durch die neueren eroberten höheren Standpunkte aus zurückzublicken. Ferner erkennt man, wie sich die späteren, das ganze Gebiet umgestaltenden Arbeiten organisch aus ihnen entwickelt haben; sie stellen zum Teil gewissermassen Vorstufen für die späteren Versuchsreihen dar, denn Hertz kam nicht durch Zufall auf seine Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft; es waren weit angelegte und planvoll verfolgte Gedankenreihen, welche durch jene Untersuchungen gekrönt wurden, wenn auch der günstige Zufall manches förderliche Hilfsmittel an die Hand gab, welches das Ziel schneller erreichen liess. Ich will mich auf die elektrischen Arbeiten allein beschränken und die Arbeiten Hertz' über die Verdunstung der Flüssigkeiten, insbesondere des Quecksilbers im luftleeren Raume, über den Druck des gesättigten Quecksilberdampfes, seine meteorologischen Untersuchungen, seine Untersuchungen in dem Gebiete der Elastizitäts- und Festigkeitslehre hier nur erwähnen; sie zeigen die Vielseitigkeit seiner Forschungen.

Seine wissenschaftliche Thätigkeit beginnt, wie erwähnt, mit der Lösung einer Preisaufgabe.

Von der philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin war den Studierenden für das Jahr 1879 die Aufgabe gestellt worden, über die Intensität der elektrischen Extraströme Versuche anzustellen. Das Problem, welches durch

sie der Lösung näher gebracht werden sollte, war ein altes und für die älteren Theorieen der elektrischen Erscheinungen sehr wichtiges. Diese Theorieen gingen von der Hypothese eines in den stromführenden Leitern bewegten Fluidums, der Elektrizität, aus. Lag den elektrischen Erscheinungen wirklich etwas Stoffliches zu Grunde, so musste dieses hypothetische Etwas eine Masse, wenn auch eine sehr geringe, besitzen. Hatte es eine Masse, so musste es bewegenden, d. h. „elektromotorischen Kräften“ gegenüber eine Trägheit besitzen und musste, einmal in Bewegung gesetzt, vermöge seiner Masse und Geschwindigkeit einen gewissen Vorrat von kinetischer Energie enthalten. Diese kinetische Energie musste sich nachweisen lassen, wenn man etwa in einer Spirale den Strom abwechselnd rasch öffnete und schloss; dann treten in der Spirale in Folge der induzierten Wechselwirkung der einzelnen Teile aufeinander die „Extraströme“ auf, in deren Energie sich jene der bewegten elektrischen Massen wiederfinden musste. Eine genaue numerische Bestimmung dieser Grösse und damit der Quantität elektrischen Fluidums etwa in einem Kubikmillimeter eines stromführenden Drahtes durfte man freilich bei der Schwierigkeit der anzustellenden Messungen von vornherein nicht erwarten; man musste sich damit begnügen, eine obere Grenze für jene Energiemenge aufzusuchen, also die Frage zu beantworten: wie gross kann diese Energiemenge höchstens sein?

Dieser Aufgabe ist die erste grössere Experimentaluntersuchung von Hertz gewidmet. Sie erschien unter dem Titel: „Versuche zur Feststellung einer oberen Grenze für die kinetische Energie der elektrischen Strömung“. Das Ergebnis der Versuche war ein negatives: Da die gefundene obere Grenze immer tiefer herabsank, je genauer die Versuche ausgeführt wurden, so musste man schliessen, die gesuchte Quantität würde sich schliesslich auf Null reduzieren, wenn es gelänge, der Beobachtungsfehler völlig Herr zu werden. Aber es war gewiss für Hertz bedeutungsvoll, dass er sich schon bei seiner ersten Arbeit auf elektrischem Gebiete davon überzeugte, dass die Vorstellungen von der Substantialität der sog. „Elektrizität“ unzureichend sind und dass das zu Grunde gelegte Fluidum sich in dem Grade verflüchtigte, wie man ihm mit verschärften Beobachtungsmitteln auf die Spur zu kommen suchte.

Schon diese erste Arbeit des 22 Jahre alten Forschers verrät

grosses experimentelles Geschick. Hier übt er sich in dem Umgang mit lang ausgespannten Drähten, grossen Drahtrechtecken, die er in dem Bodenraum des Laboratoriums ausspannt, Anordnungen, die später sein meisterhaft gebrauchtes Handwerkszeug werden sollten. Besonders sinnreich ist die Einrichtung eines Kommutators, der bei einfacher Drehung eine Menge von Ein-, Aus- und Umschaltungen eines komplizierten Systems von Leitungen selbstthätig und in gesetzmässiger Reihenfolge besorgt. Dass Hertz schon damals auch das wichtige Hilfsmittel der mathematischen Theorie beherrschte, zeigt er bei der Berechnung der Wirkung der einzelnen Spiralwindungen und Windungslagen aufeinander, bei der Berechnung des Selbstpotentiales seiner Spiralen.

Hertz ist auf dasselbe Thema ein Jahr später nochmals zurückgekommen („Obere Grenze für die kinetische Energie der bewegten Elektrizität"). Er wendete dabei eine weit direktere und empfindlichere, dabei auch theoretisch einwurfsfreiere Methode an. Eine sehr dünne, auf Glas chemisch niedergeschlagene Silberschicht wurde von einem starken Strome in einer Richtung durchströmt; die Stromdichte, d. h. nach der alten Vorstellung die in einem Kubikmillimeter des Silbers bewegte Elektrizitätsmenge war hierbei möglichst gross. War das Bewegte nur den stromantreibenden Kräften der erregenden galvanischen Kette unterworfen, so wurde die Platte symmetrisch zu der Zu- und Ableitungsstelle durchströmt; liess man also in einer zu ihrer Verbindungslinie senkrechten Richtung zwei Drähte an der Platte enden, welche zu einem empfindlichen Galvanometer führten, so konnte durch diese Transversalleitung kein Strom abfliessen. Die Platte wurde nun auf einem Rotationsapparat senkrecht zu dessen Axe befestigt und um ihren Mittelpunkt in ihrer Ebene rasch herumgedreht. Wenn der strömenden Elektrizität irgend etwas zu eigen war, was man eine Trägheit nennen könnte, so mussten die Strömungen bei der Rotation in ganz ähnlicher Weise von ihrer ursprünglichen Richtung abweichen, wie die vom Aequator nach den Polen abfliessenden Luftströmungen des rotierenden Erdkörpers von der Süd-Nordrichtung abweichen und die schräg gegen die Meridiane verlaufenden Passatwinde erzeugen. Dann musste ein Teil der Strömung sich auch gegen die Transversalleitung wenden. Hier musste ein, wenn auch schwacher Strom sich bemerkbar machen. Zahlreiche Fehlerquellen, Thermoströme an den schon durch den

Luftzug verschieden erwärmten Kontaktstellen, Spannungen in der rotierenden Platte in Folge der Centrifugalkräfte u. s. w. treten hierbei natürlich auf und verschleiern das gesuchte Ergebnis zum Teil. Aber Hertz wusste durch eine geschickte Kombination von Einzelversuchen bei abgeänderten Versuchsbedingungen diese Fehlerquellen auf ein Minimum herabzudrücken. Trotzdem zeigten die 320 angestellten Einzelbeobachtungen keine positive Wirkung; der dadurch bestimmte Grenzwert zeigt, dass die kinetische Energie einer elektrischen Strömung von der (elektromagnetisch gemessenen) Dichte 1 in einem Kubikmillimeter eines silbernen Leiters noch nicht so gross ist, als wenn sich die Masse von 1/50000 Milligramm mit der Geschwindigkeit eines Millimeters pro Sekunde fortbewegt. Am Schlusse der genannten Abhandlung deutet er auf die Möglichkeit hin, bei Elektrolyten positive Resultate zu erhalten, wo die Elektrizitätsmengen ja an körperliche Träger, die Jonen, geheftet sich mit diesen fortbewegen. In der That haben neuere Versuche diese Vermutung von Hertz bestätigt und z. B. in den Händen von Colley und Descoudres zu den erwarteten Resultaten geführt. Hier ist es aber nicht die Trägheit der Elektrizität selbst, sondern die ihrer materiellen Träger, welche die Erscheinungen bedingen.

Seine Doktordissertation vom Jahre 1880 behandelt die Induktion in rotierenden leitenden Kugeln oder Hohlkugeln zwischen Magneten vom Standpunkte der Neumann'schen Theorie aus.

Schon 1881 sehen wir ihn Fälle der elektrischen Ausgleichungen untersuchen, welche den alten Theorieen ferner lagen. Eine interessante Arbeit, welche hieher gehört, ist die „Ueber die Vertheilung der Elektrizität auf der Oberfläche bewegter Leiter“. Die Fernewirkungstheorie zeigt, dass bei jedem in Ruhe befindlichen elektrisch geladenen Körper die Elektrizität sich ganz auf der äusseren Oberfläche befindet, dass also bei einem Hohlkörper die innere Fläche frei von jeder Spur des hypothetischen Fluidums ist und dass im ganzen Leiterkörper nirgends Verschiedenheiten des elektrischen Potentiales bestehen, dass dieses vielmehr einen allenthalben im Inneren der Metallmasse konstanten Wert besitzt. Hertz fragt sich nun, was eintritt, wenn so geladene Leiter gegeneinander bewegt werden? Die Verteilung der Elektrizität auf der Oberfläche muss in jedem Augenblick eine andere sein als auf der Oberfläche ruhender Leiter, selbst wenn diese genau an

dieselbe Stelle des Raumes gebracht würden, den im betreffenden Moment der bewegte Leiter inne hat; ferner ist das Potential weder an der Oberfläche noch im Inneren mehr konstant und während ein ruhender metallischer Hohlkörper seinen Innenraum vor elektrischen Kraftwirkungen völlig schirmt, so kann dies bei einem bewegten Körper nicht mehr der Fall sein. Es treten Strömungen im Inneren ein, damit Wärmeentwickelung und scheinbare Energieverluste; die kontinuierliche Bewegung geladener Leiter gegeneinander ist also nur möglich bei Zuführung äusserer Arbeit.

Hertz entwickelt mit grosser Geschicklichkeit die für diese Fälle geltenden Formeln; dabei sind die Formeln der gewöhnlichen Elektrostatik geeignet zu erweitern. Die allgemeinen Schlüsse wendet er auf die besonders wichtigen Fälle der um eine Axe mit konstanter Geschwindigkeit in einem elektrischen Felde rotierenden Rotationskörper an, insbesondere auf rotierende Voll- und Hohlkugeln und Voll- und Hohlzylinder. In diesen bilden sich selbst im „homogenen“ Felde elektrische Strömungen aus, welche durch die Rotationsbewegung in eigentümlicher Weise abgelenkt werden, Kraftwirkungen dringen durch den Metallkörper in das Innere, dasselbe wird also nicht mehr vollkommen geschirmt u. s. w. Hertz stellt hierüber auch einen Versuch an: Ueber einer horizontalen nur mässig gut leitenden Platte aus Glas schwingt an einem Metalldrahte eine mit horizontalen Metallplatten an den Enden versehene Nadel. Sowie diese geladen wird, also die Platten zu elektrischen Polen werden, zeigt sich die Schwingung stark gedämpft. Die Erscheinung ist analog der Dämpfung einer schwingenden Magnetnadel, welche in einer sie umgebenden Kupferhülle ihrer Bewegung entgegenwirkende Induktionsströme wachruft. In dieser Arbeit kommt schon folgende bedeutungsvolle Stelle vor: „Wird ein elektrischer Pol über eine ebene Platte in gleichbleibendem Abstande hingeführt, so folgt ihm die einmal erregte Elektrisierung, und die nächstliegende und auch wohl übliche Anschauung ist die, dass die materiell gedachte Elektrizität das Folgende sei, welche Annahme wir aber verwerfen.“ Hier sehen wir Hertz sich bereits loslösen von den „üblichen Anschauungen.“

Im Jahre 1883 lenkt er seine Aufmerksamkeit einer Gruppe von Erscheinungen zu, welche ihn dauernd interessierte, den elektrischen Gasentladungen. In seiner ersten Arbeit auf diesem Gebiete:

„Ueber eine die elektrische Entladung begleitende Erscheinung“ beschreibt er eigentümliche leuchtende Strahlen und wolken- oder baumartige Gebilde, welche auftreten, wenn man die Entladungen eines Induktoriums in nicht zu stark verdünnten Gasen aus einer Röhre austreten lässt; die positive Elektrode befindet sich in der Seele des Rohres, die negative in der Nähe der Mündung. Die Versuche sind ausserordentlich variiert und die nur 8 Seiten lange Arbeit ist reich an Detail.

In das gleiche Jahr fallen die „Versuche über die Glimmentladung“; sie wurden noch in Berlin ausgeführt, sind aber schon aus Kiel datiert. Von den drei Hilfsmitteln, welche bis dahin zur Erzeugung und dem Studium der elektrischen Entladungserscheinungen, wie sie sich in verdünnten Gasräumen ausbilden, verwendet wurden, der Influenzmaschine, dem Induktorium und grossen galvanischen Ketten von hoher Spannung, verwendet Hertz das dritte. Er baute sich eine Batterie von 1000 Bleiplattenelementen, eine Akkumulatorenbatterie, welche ihm eine Spannungsdifferenz zur Verfügung stellte, die derjenigen von 1800 hintereinander geschalteten Daniell'schen Elementen gleichkam. Der von ihr gelieferte hochgespannte Strom wurde vermittelst Elektroden verschieden gestalteten Entladungsgefässen zugeführt. Hertz lenkte seine Aufmerksamkeit besonders denjenigen Lichterscheinungen zu, welche bei hoher Evakuation an der Kathode auftreten.

Hier sind es die Glimmlichtstrahlen und die ihnen gewiss verwandten sog. Kathodenstrahlen, über welche die Hertz'sche Untersuchung viele wichtige Daten zu Tage gefördert hat, ohne dass es ihm freilich vergönnt war, den Schleier vollkommen zu lüften. Es scheint, dass dieses überhaupt erst als möglich zu betrachten ist von den erweiterten Gesichtspunkten aus, welche die späteren Hertz'schen Untersuchungen eröffneten, nämlich von dem Standpunkte der Lehre von den elektrischen Schwingungen und elektrischen Wellen aus. Schon hier ist freilich gelegentlich von elektrischen Wellen die Rede, sogar von elektrischen Bewegungen, die sich wellenartig in einem Medium ausbreiten, aber die Vorstellungen sind noch nicht so abgeklärt, wie sie durch die späteren, schlagenden Versuche wurden.

Der erste Teil der Arbeit ist einer alten, vielumstrittenen Frage gewidmet: Sind die Entladungen durch ein verdünntes Gas

hindurch kontinuierlich oder diskontinuierlich? Sind sie insbesondere noch diskontinuierlich, wenn wir, wie es hier geschah, einen anscheinend kontinuierlichen Batteriestrom dem Gase zuführen?

Hertz versucht durch sinnreiche Anordnungen nachzuweisen, dass seine Entladungen kontinuierliche sind. Prüft man indessen die beigebrachten Argumente, so sieht man, dass sie nur zeigen können, dass die Zahl der einzelnen Entladungsstösse in der Sekunde nicht unter einer gewissen Grenze liegen können. Ob Intermittenzen von sehr grosser Zahl vorkommen oder nicht, darüber konnten die verwendeten Hilfsmittel nicht mit Sicherheit entscheiden, worüber sich auch Hertz selbst ganz klar war. Treten wir an die Erscheinungen mit der Vorstellung von Oszillationen heran, wofür schon die Abteilung der Lichtsäule in einzelne Schichten spricht, welche der Erscheinung die grösste Aehnlichkeit mit einem Interferenzphänomen eines periodisch veränderlichen Vorganges verleiht, so würde einem Schichtenabstand von 1,5 cm, wie er leicht hergestellt werden kann, eine Wellenlänge von 3 cm entsprechen. Durch die späteren Hertz'schen Versuche wissen wir, dass hierzu ein elektrischer Vorgang gehört, der in der Sekunde 10000 Millionen mal hin und her geht. Solche Intermittenzen waren durch die genannten Hilfsmittel nicht mehr nachweisbar, weil elektrische Vorgänge von solcher Wechselzahl gar nicht mehr den gewohnten Gesetzen der elektrischen Strömung gehorchen, wie ebenfalls erst durch Hertz's spätere Versuche gezeigt worden ist. Ein Eingehen auf Einzelheiten muss ich mir an dieser Stelle versagen. Gerade als ob ihn seine Beweisführung in diesem Punkte selbst nicht recht befriedigt hätte, deutet er am Schlusse des genannten Abschnittes die vermittelnde Anschauung an, wonach der Elektrizitätsausgleich durch das Gas hindurch als Ganzes zwar kontinuierlich sei, dass sich im Rohre selbst aber über den gleichförmig abfliessenden Strom Elektrizitätsbewegungen von oszillatorischer Art lagern könnten, eine Anschauung, welche durch neuere Untersuchungen mehr und mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Weiter untersucht er die sehr wichtige Frage nach dem Verlaufe der Stromlinien in einem von elektrischen Entladungen durchsetzten Gase. Eine notwendige Voruntersuchung hierzu war der Nachweis, dass Kathodenstrahlen einen Magneten nicht ablenken, wiewohl sie selbst von diesem eine solche Ablenkung erfahren.

Ferner ergab sich, dass die Kathodenstrahlen nicht die Bahn der Entladung darstellen, sondern durch den Entladungsverlauf wohl ausgelöst werden, im Uebrigen aber eigenen Verbreitungsgesetzen gehorchen. Hier werden auch schon Versuche über die Absorption von Kathodenstrahlen angedeutet, welche später von Philipp Lenard neben einer Reihe anderer schöner Experimente ausgeführt worden sind.

Im letzten Teile dieser Abhandlung zeigt er u. A., dass die Kathodenstrahlen keine elektrostatischen Wirkungen ausüben, dass sie also insbesondere nicht aus von der Kathode fortgeschleuderten elektrisierten Teilchen bestehen können, eine Ansicht, welche mehrfach ausgesprochen wurde und noch vielfach festgehalten wird.

Hinweisen möchte ich noch auf die hier beschriebenen Versuche, welche die eigentümliche Fähigkeit der Kathodenstrahlen betreffen, quer zu ihrer Richtung den Ausgleich von elektrischen Spannungen und damit das Zustandekommen von „Transversalentladungen“ zu vermitteln, Versuche die später von anderen Forschern weitergeführt worden sind. Diese Eigenschaft der Kathodenstrahlen erinnert an eine ganz analoge, später von Hertz entdeckte der Lichtstrahlen, namentlich der ultravioletten, welche gleichfalls diese auslösende Fähigkeit in hohem Masse besitzen.

Das Gesamtergebnis der Arbeit kann man dahin zusammenfassen, dass durch sie die auch von anderen Forschern, nament- E. Wiedemann und Goldstein in ähnlichen Formen geäusserte Ansicht gestützt wird, dass die Kathodenstrahlen einer gewissen Form von Aetherbewegungen ihre Entstehung verdanken, welche unter den bekannten Agentien denen des Lichtes am nächsten stehen und die durch die elektrischen Vorgänge zwar ausgelöst werden, aber im Uebrigen eine selbständige Erscheinung darstellen, wie etwa das Licht, welches von einer elektrischen Lampe ausgesendet wird.

Die letzte der in Berlin ausgeführten Arbeiten handelt: „Ueber das Verhalten des Benzins als Isolator und als Rückstandsbildner“. Alle isolierenden Zwischenmittel zeigen mehr oder weniger die oft recht lästige Eigenschaft, dass sie einen Teil der auf sie wirkenden Spannungen in sich aufnehmen und zurückhalten. Aeltere Vorstellungen deuteten diesen Prozess der „Rückstandsbildung“ gelegentlich so, dass sie annahmen, die Elektrizität

wandere zum Teil von den geladenen Leiterflächen z. B. den Metallplatten eines Kondensators aus in die isolierende Zwischenschicht wirklich hinein und setze sich hier fest. Nun hatte man aber schon bemerkt, dass eine erhebliche Rückstandsbildung wesentlich geknüpft ist an eine grössere Inhomogenität des Materiales, dass z. B. homogene Krystalle dieselbe nur in sehr geringem Masse zeigen. Um hierüber weitere Aufschlüsse zu erhalten, stellte Hertz Versuche mit Flüssigkeiten an, die ja leichter vollkommen homogen zu erhalten waren, und fand in dem käuflichen Benzin ein Medium, welches hinreichend gut isolierte, um für die genannten Zwecke dienlich zu sein. Es zeigte sich zunächst, dass die Isolationsfähigkeit des Benzins stieg mit anhaltender Wirkung der elektrischen Kräfte. Als Ursache wurde eine zunehmende Befreiung von gelösten oder suspendierten Verunreinigungen erkannt; es findet also unter dem Einflusse elektrischer Ladungen eine „elektrische Reinigung“ der Flüssigkeit statt. Weiter ergab sich, dass mit dieser zunehmenden Reinigung auch die Rückstandsbildungen sich verminderten. Dieselben waren also in der That auf Inhomogenitäten zurückzuführen. Nicht ein Einwandern freier Elektrizitäten findet statt, sondern der elektrische Spannungszustand ergreift die einzelnen Fremdkörperchen, die in dem Medium eingebettet sind und versetzt sie in eine Art elektrischen Zwangszustand, den sog. „Polarisationszustand“. Dass dem wirklich so ist, zeigte Hertz, indem er die Flüssigkeit aus dem trogförmigen Kondensator, der zu diesen Versuchen gedient hatte, plötzlich abliess, oder in sie von oben her metallische mit dem Elektrometer verbundene Platten einsenkte, welche das Vorhandensein dieses Polarisationszustandes inmitten des Mediums deutlich anzeigten.

Der chronologischen Ordnung etwas vorgreifend, will ich noch kurz erwähnen eine kleine Mitteilung: „Ueber die Dimensionen des magnetischen Pols in verschiedenen Masssystemen“, in der Hertz sich an dem seiner Zeit brennenden Streite über die zu wählenden Dimensionen der elektrischen Masseinheiten, wenn auch nur ganz objektiv beteiligt. Er zeigt, dass man das sog. „elektromagnetische“ Mass nicht deshalb mehr berechtigt als das „elektrostatische“ betrachten dürfe, weil es nicht wie dieses zu Nichtübereinstimmungen zwischen Maxwell und Clausius führe, legt dar, worin die Unstimmigkeiten begründet liegen und weist nach, dass man das Verhältnis in der Uebereinstimmung bezw.

Nichtübereinstimmung der Festsetzungen von Maxwell und Clausius gerade umkehren könne, wenn man nicht vom elektrischen, sondern vom „magnetischen“ Strom ausginge.

Wir kommen nun zu der eigenartigen und reizvollen, für die Weiterentwickelung der Hertz'schen Untersuchungen jedenfalls wichtigsten theoretischen Abhandlung aus dem Jahre 1884: „Ueber die Beziehungen zwischen den Maxwell'schen elektrodynamischen Grundgleichungen und den Grundgleichungen der gegnerischen Elektrodynamik“. Ich möchte sie als die bedeutendste Leistung Hertz's auf theoretischem Gebiete bezeichnen.

Wie schon der Titel zeigt, sagt sich Hertz hier definitiv von den „üblichen“ und namentlich in Deutschland herrschenden Theorieen der elektrischen Erscheinungen los, bekennt seine Gegnerschaft ihnen gegenüber und tritt offen in das Lager der Anhänger Maxwells über. Aber wie thut er dies? Nicht der Zauber, der damals noch die Maxwell'sche Theorie, namentlich den Teil, welcher die Lichterscheinungen auf magnetische und elektrische Erscheinungen zurückführte, mit einem gewissen Dunkel umhüllte, reizte ihn. Nicht die weiten Perspektiven und die Fülle neuer Probleme, zu welchen gerade diese Theorie einen erfindungsreichen Geist anregen musste, lockten ihn, nein, es war ein ernster Kampf der inneren Ueberzeugung, welcher ihm hier das Losringen von den alten, auch in ihm festgewurzelten Anschauungen gebot. Er weist zunächst nach, dass die Gleichungssysteme der alten Theorieen unvollständig sind, dass in ihnen gewisse Glieder fehlen, von denen selbst der Fernewirkungstheoretiker zugestehen musste, dass ihr Fehlen ein Mangel der Formeln ist. Fügt man diese Glieder aber zu, so werden die Formeln anfangs unhandlich und schwerfällig; an Stelle geschlossener Ausdrücke treten unendliche Reihen, deren Wert zwar einem bestimmten endlichen Grenzwert zustrebt, die aber doch recht wenig der Natur gemäss erscheinen, so dass das Unbehagen bei dem Gedanken, jetzt auf dieses Formelsystem angewiesen zu sein, durch den anderen, hier einmal den wahren vollständigen Ausdruck für die Beobachtungsthatsachen zu besitzen, nur unvollkommen aufgehoben wird. Da löst Hertz aus dem schwerfälligen Formelapparat ein Gleichungssystem von grosser Klarheit und Einfachheit heraus, ein System, welches der Kenner sofort als einen Bekannten aus der Maxwell'schen Theorie begrüsst. Die notwendige

Verbesserung der alten Theorieen führt also zu der Maxwell'schen Theorie. Diese musste demnach zum Ausgangspunkte aller weiteren Fortschritte gewählt werden. Aber auch die Maxwell'schen Formeln führt Hertz schon hier in der abgeklärten Form ein, die einen so wesentlichen Fortschritt der Theorie überhaupt bezeichnen sollte. Selbst ein so freier Geist wie Maxwell konnte sich nicht ganz frei machen von den älteren Vorstellungen, daher leiden auch seine Formeln an einer gewissen Schwerfälligkeit und zeigen einen Mangel an Einfachheit, der namentlich darauf zurückzuführen ist, dass die ihnen zu Grunde liegende Idee noch nicht konsequent und klar durch sie zum Ausdruck gebracht wird, sondern noch immer Begriffe, die den älteren Systemen angehören, — „rudimentäre" Begriffe wie sie Hertz sehr bezeichnend gelegentlich nennt, — in ihnen eine Rolle spielen. Hertz hat diese rudimentären Begriffe definitiv entfernt und dadurch den Kern der Maxwell'schen Theorie klar herausgeschält. Schon in dieser Arbeit vom Jahre 1884 tritt uns jenes System von sechs partiellen Differentialgleichungen entgegen, welches später Hertz auf dem mühevollen und vielverschlungenen Pfade der experimentellen Untersuchungen zum Führer werden sollte.

Damit hatte sich Hertz zunächst auf theoretischem Wege zu neuen Anschauungen durchgerungen.

Mit dieser theoretischen Erkenntnis war ihm seine Lebensaufgabe gestellt. Es musste sich jetzt darum handeln, die Ueberlegenheit der Maxwell'schen Theorie und alle damit in Zusammenhang stehenden umgestaltenden Folgerungen auch experimentell zu erproben.

Dass die Aufgabe, den richtigen Weg zu finden, selbst für einen Hertz keine kleine war, sehen wir schon daran, dass es drei Jahre dauerte, bis wir ihn nur mit dem geeigneten Werkzeug ausgerüstet sehen.

Eine der wichtigsten Konsequenzen der Maxwell'schen Theorie war die, dass Störungen des elektrischen Gleichgewichtes, an irgend einer Stelle herbeigeführt, sich wellenartig mit endlicher Geschwindigkeit und zwar mit der des Lichtes durch den Raum stetig verbreiten mussten. Hier war also offenbar der Hebel anzusetzen. Sollte diese Fortpflanzung in den Räumen eines Laboratoriums verfolgbar werden, so mussten die Störungen rasch,

sollte eine klare Erscheinung entstehen, so mussten sie ausserdem regelmässig aufeinanderfolgen; es mussten also periodisch wechselnde, elektrische Zustände, d. h. elektrische Schwingungen erzeugt werden und zwar Schwingungen von sehr kurzer Schwingungsdauer, damit die ihnen entsprechenden Wellen bei der ausserordentlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine Länge von nur wenigen Dezimetern erhielten.

Wohl kannte man die Erzeugung elektrischer Schwingungen schon, und die Herstellung rasch abreissender elektrischer Störungen war im von Helmholtz'schen Laboratorium auch bereits versucht worden. Ja W. von Bezold hatte 1870 sogar die Länge von elektrischen Wellen wirklich gemessen und ihre Interferenz in Drähten beobachtet und doch fehlten noch wesentliche Glieder in der Kette. Es mussten ein, oder besser zwei neue Momente hinzutreten. Wir sind so glücklich, einen authentischen Bericht über das Werden seiner epochemachenden Arbeiten von Hertz selbst zu besitzen: In der einleitenden Uebersicht zu seinen gesammelt herausgegebenen Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft[1]) giebt er ein klassisch schönes Bild des allmählichen Vordringens eines forschenden Genius, wobei der bescheidene Mann freilich Vieles verschweigt, was wir wieder ergänzend zufügen müssen, namentlich die Bedeutung seiner früheren Arbeiten.

Er führt an, dass sein Interesse für elektrische Schwingungen ursprünglich geweckt worden sei durch eine Preisarbeit, welche die philosophische Fakultät zu Berlin ebenfalls im Jahre 1879 gestellt hatte; sie verlangte, irgend eine Beziehung zwischen den elektrodynamischen Kräften und der dielektrischen Polarisation der Isolatoren experimentell nachzuweisen. H. von Helmholtz empfahl dem jungen Hertz, sich an dieser Arbeit zu versuchen. Indessen erkannte Hertz, dass die damals bekannten Schwingungen zu langsam waren, um einen Erfolg zu sichern, und unterliess daher diese Arbeit; aber seine Augen waren von dieser Zeit an geschärft für Alles, was mit elektrischen Schwingungen zusammenhing. So erkannte er auch sofort die Bedeutung einer an sich recht unscheinbaren Beobachtung, welche weiterführen sollte.

1) Leipzig. J. A. Barth. pp. VII. u. 296. 1892.

Einer jener Zufälle bot die Hand, welche oft den suchenden Forscher auf den rechten Pfad führen und folgewichtige Gedankenreihen auslösen. Hertz erzählt das selbst sehr hübsch: In der Sammlung des physikalischen Kabinets der technischen Hochschule zu Karlsruhe fand sich ein altes Paar sog. Riess'scher oder Knochenhauer'scher Spiralen vor, kurze, einfache, in einer Ebene liegende Spiralen aus einem isolierten Drahte. Hertz zeigte sie in der Vorlesung und stellte mit ihnen Versuche an. Dabei bemerkte er, wie schon der Schlag einer ganz kleinen Leydener Flasche oder eines kleinen Induktoriums durch die eine hindurch geschickt genügte, in der zweiten Spirale eine kräftige Induktionswirkung hervorzurufen, falls nur in dem Kreise der ersten eine kleine Funkenstrecke war. Hertz machte hier also zum ersten Male die Bemerkung der „wirksamen Funkenstrecke“, welche für alle seine folgenden Versuche massgebend wurde. Während man früher und zum grossen Teile mit Recht eine Funkenentladung als ein höchst kompliziertes und vor allem in seinen Einzelheiten grossen zufälligen Schwankungen unterworfenes Phänomen ansah und darum überhaupt Experimente, in denen elektrische Funken eine Rolle spielten, als „unreinlich“ etwas scheel anzublicken gewohnt war, fand Hertz ein klares Phänomen, wenn nur die sich entladenden Kondensatoren z. B. seine Leydener Flaschen von kleiner Kapazität und vor allem die Bahnen der Entladung einfach gestaltet und kurz waren und nicht wie etwa beim Induktorium aus langen Drahtspiralen bestanden. Dann erschien in einer gleich gestalteten, gleich kurzen Bahn ein deutliches Ansprechen der elektrischen Bewegungen, eine deutliche elektrische „Resonanz“. Wir haben hier den eigentlichen Kern der Hertz'schen Entdeckungen. Ich möchte die experimentelle Grundlage aller späteren Versuche in folgenden Sätzen nochmals zusammenfassen:

1) Lassen wir die Ladungen von kleinen Ansammlungsapparaten mit kleinen Kapazitäten durch kurze und einfach gestaltete Entladungsbahnen sich in mittelgrossen Funken ausgleichen, so erhalten wir ein scharfes, sehr kurz dauerndes Abreissen, also die lange gesuchte plötzlich eintretende elektrische Gleichgewichtsstörung. Das war eine durch keine Theorie vorauszusehende, neu zu entdeckende Eigenschaft gewisser elektrischer Funken, von der doch alles Folgende abhing. Die Theorie zeigte

aber weiter, dass damit zugleich der andere Erfolg gesichert war, dass man Schwingungen von der gewünschten Schnelligkeit erhielt; hier hatte Hertz also einen kräftigen „Erreger" elektrischer Schwingungen.

2) Solche Schwingungen sind im Stande, analoge Resonanzschwingungen von hinreichender Deutlichkeit in einem anderen gleichbeschaffenen Entladungskreise hervorzurufen, selbst wenn derselbe räumlich durch grössere Strecken von dem ersten getrennt ist. Hier hatte Hertz also einen „Empfänger" gefunden, mit dem er die Verbreitung der vom ersten Kreise erregten Schwingungen an beliebigen Stellen nachweisen konnte.

In seiner zunächst erscheinenden Arbeit: „Ueber sehr schnelle elektrische Schwingungen" sehen wir ihn mit den genannten Erscheinungen beschäftigt; es sind Studien über sein Werkzeug, welches er sich schafft und allmählich vervollkommnet. Als Erreger der Schwingungen dienen Drahtrechtecke oder einfache Metallstäbe, auf deren Enden Zylinder oder Metallkugeln befestigt sind; in der Mitte sind die Erreger unterbrochen und tragen hier kleine Kugeln, zwischen denen der erregende Funke überspringt. Geladen werden die Erreger durch ein Induktorium, dessen komplizierter Entladungsmechanismus aber nur eine mittelbare Rolle spielt und kaum in Betracht kommt. Die Empfänger sind meist einfache Drahtrechtecke, ebenfalls mit einer Funkenstrecke versehen; ihre Grösse ist so ausprobiert, dass sie bei einem gegebenen Erreger möglichst deutliche Resonanzerscheinungen zeigen, sie sind „elektrisch abgestimmt". Tritt in ihnen eine elektrische Resonanzschwingung auf, so springen Funken in ihrer Funkenstrecke über; die Maximallänge der Funken gibt ein Mass für die Intensität der Wirkung.

Dies ist das Prinzip des neuen einfachen Hilfsmittels, welches Hertz in das physikalische Laboratorium eingeführt hat, und mit dem wir jetzt zahlreiche Forscher beschäftigt sehen, nach den verschiedensten Richtungen hin in noch unbekannte Tiefen vorzudringen. Dass die mit diesem seinen Instrument gemachten Entdeckungen und alle weiteren Arbeiten von Hertz sogleich den grossen Beifall fanden, haben sie ausser ihrem inneren Werte, — wie oft bleiben die schönsten Entdeckungen lange unbeachtet, — einem seltsamen Zufall zu verdanken. Hertz fand schon bei seinen ersten Versuchen über die elektrischen

Resonanzschwingungen ein Nebenresultat, welches durch seine Klarheit und Einfachheit bestach und durch seine Unerklärlichkeit und Neuheit überraschte. Es zeigte sich, dass die Grösse und Helligkeit jener Fünkchen im Resonator stark beeinflusst wird durch die im erregenden Kreise überspringenden Funken. Waren diese von der Resonatorfunkenstrecke aus zu sehen, so waren sie selbst klein und unscheinbar, sie wurden aber sofort hell und länger, wenn zwischen beiden ein Schirm stand. In seiner Arbeit „Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung" schildert er in geradezu dramatischer Weise, wie er durch planvoll angestellte Versuche schliesslich zu dem gar keine anderen Deutungen zulassenden Resultate gelangte, dass jene eigentümliche Fernewirkung auf das von Funkenentladungen in reichlichem Masse ausgehende ultraviolette Licht zurückzuführen ist. Zahlreiche Forscher knüpften an diese Beobachtungen weitere Untersuchungen an, welche immer neue merkwürdige Einzelheiten dieser Wirkungen kennen lehrten, ja es ist aus jenen Versuchen von Hertz ein ganzes Gebiet der Experimentalphysik hervorgewachsen, das der lichtelektrischen Versuche. Wenn diese Versuche auch zunächst noch nicht tiefere Einblicke in die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität gaben, so machten sie Hertz doch populär; man war auf Alles, was von ihm kam, gespannt.

Nur wenige ahnten wohl damals, dass nicht jene an sich ja schöne, aber doch nur nebenbei gemachte Beobachtung die Hauptsache war, sondern dass wir mit den Versuchen über die elektrischen Schwingungen selbst an der Schwelle viel wichtigerer Errungenschaften standen.

Hertz sehen wir weiter an der Ausarbeitung seiner Hilfsmittel beschäftigt. Im folgenden Jahre erschien die Arbeit: „Ueber die Einwirkung einer geradlinigen elektrischen Schwingung auf eine benachbarte Strombahn". Dies war wohl die schwierigste, aber auch die wichtigste von Hertz experimentellen Vorarbeiten; sie wird bei Darstellungen der Hertz'schen Arbeiten weniger berücksichtigt und doch bildet sie die notwendige unmittelbare Vorstufe zu den weiteren Erfolgen. Das Phänomen der Resonanz war Hertz geläufig geworden. Nun handelte es sich darum, der Verbreitung der Schwingungen im Raume nachzuforschen. Die Hilfsmittel hierzu waren gegeben: als Erreger

diente ein geradliniger Metallstab mit einer Funkenstrecke in der Mitte, welcher an beiden Enden je eine Kugel als Ansammlungsapparat trug. Springen Funken über, so fluten die elektrischen Spannungen sehr rasch hin und her, wir haben eine geradlinig hin und her verlaufende Schwingung, deren Wirkung sich in den umgebenden Raum hinaus verbreitet. Als Empfänger dienten abgestimmte Drahtkreise, gleichfalls mit sehr kleinen, mikrometrisch zu messenden Funkenstrecken. Sie wurden in die verschiedensten Lagen zu dem Erreger gebracht, und Hertz studierte und mass die Wirkungen. Dieselben waren in den verschiedenen Punkten der Umgebung und bei verschiedenen Stellungen des empfangenden Kreises sehr verschieden, aber ein Gesetz liess sich bald erkennen. „Die Auffindung und Entwirrung dieser äusserst regelmässigen Erscheinungen machte mir besondere Freude“, sagt Hertz. Durch eine scharfsinnige, aber schliesslich einfache und vor allem unanfechtbar klare Diskussion stellte er in jedem Falle fest, wie die elektrische Kraft in den einzelnen Raumpunkten in der Umgebung der geradlinigen Schwingung wirken müsse, um gerade das beobachtete Verhalten des Empfängers mit seiner Funkenstrecke hervorzurufen, und gelangte schliesslich dahin, ein vollständig übersichtliches Bild von der Verteilung der Kräfte im Raume zu geben. Dabei zeigten sich sehr merkwürdige Einzelheiten, vor deren Aufklärung alle älteren Theorieen ratlos standen. Noch im selben Jahre 1888 zeigte er in seiner Abhandlung: „Die Kräfte elektrischer Schwingungen, behandelt nach der Maxwell'schen Theorie“, dass diese Theorie eine Verteilung der elektrischen Kräfte genau so gibt, wie sie die Beobachtungen ergeben hatten, mit allen Einzelheiten und scheinbaren Rätseln. Hertz ging hier von der früher erwähnten abgeklärten Form der Maxwell'schen Theorie aus, die er in seiner theoretischen Arbeit vom Jahre 1884 begründet hatte.

Nun folgten die grossen Entdeckungen Schlag auf Schlag; jede bezeichnet einen neuen Sieg der Maxwell'schen Theorie, damit der neueren Anschauungen überhaupt. In die Zeit vom 10. November 1887 bis zum 13. Dezember 1888 fallen die epochemachenden Berichte an die Berliner Akademie.

Zunächst fand die schon erwähnte Preisaufgabe der Berliner philosophischen Fakultät vom Jahre 1879, welche Hertz überhaupt erst auf das Gebiet der elektrischen Schwingungen hinge-

lenkt hatte, ihre definitive Lösung in der Arbeit: „Ueber Induktionserscheinungen, hervorgerufen durch die elektrischen Vorgänge in Isolatoren“. Es wurde gezeigt, dass die „wechselnden Zustände des elektrischen Zwanges oder der dielektrischen Polarisation“ elektrodynamische Wirkungen und damit Induktionswirkungen äusserten, gerade so wie ein in einem metallischen Leiter entstehender oder vergehender galvanischer Strom. Das Zwischenmittel hatten die alten Theorieen meist ignoriert, nach ihnen sprang ja die Wirkung unvermittelt über dasselbe hinweg; die Maxwell'sche Theorie stellte diese elektrodynamischen Wirkungen als eine ihrer wichtigsten Konsequenzen hin. Hiermit war zugleich die vielumstrittene Frage nach der Wirkung der „ungeschlossenen Ströme“ erledigt.

Drei Monate später erschien die Abhandlung: „Ueber die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen“.

Hier wurde der experimentelle Nachweis gegeben, dass sich elektrodynamische Wirkungen wirklich mit endlicher Geschwindigkeit durch den Raum hindurch fortpflanzen. Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen in der Luft wurde die Lichtgeschwindigkeit wenigstens der Grössenordnung nach erhalten. Freilich fand er für die Ausbreitungsgeschwindigkeit längs ausgespannter Drähte einen anderen Wert, als für die Geschwindigkeit in freier Luft; die Theorie erforderte denselben Wert. In Folge eines leidigen Rechenfehlers wurde ferner ein zu kleiner Wert für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Drähten und nicht die Lichtgeschwindigkeit gefunden. Aber gerade hier zeigte sich der vorurteilsfreie, wahrheitsliebende Forscher. Wiewohl er von der Richtigkeit der Theorie überzeugt war, gab er doch der Wahrheit die Ehre und gestand, hier auf ein ihm zunächst unlösliches Rätsel gestossen zu sein. Hören wir ihn selbst, wie er vier Jahre später, nachdem sich alles aufgeklärt hatte, in der Einleitung seines Buches hierüber spricht:

„Ich habe hier so ausführlich berichtet, weil ich den Leser überzeugen möchte, dass ich in dieser Untersuchung nicht einfach in bequemster Weise eine vorgefasste Meinung durch passende Deutung der Versuche habe bestätigen wollen. Im Gegenteil habe ich diese nicht leichten Versuche entgegen einer vorgefassten Ansicht mit bestmöglicher Sorgfalt durchgeführt. Und doch habe ich offenbar bei allem Glück gerade in dieser Unter-

suchung entschieden Unglück gehabt. Denn anstatt mit leichter Mühe zum wahren Ziele zu gelangen, wozu ein richtig angelegter Plan mich vielleicht berechtigt hätte, scheine ich mit grosser Mühe in die Irre gegangen zu sein."

Erst später zeigte sich, dass einfach die Wände des Zimmers das Abweichen von der Theorie herbeigeführt hatten durch die Reflexionen, welche die elektrischen Wellen an ihnen erfahren. Edouard Sarasin und de la Rive haben kürzlich endgiltig gezeigt, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit an Drähten wie in Luft genau die gleiche und zwar die des Lichtes ist, indem sie die Hertz'schen Versuche im grossen Massstabe und unter den verschiedensten Vorsichtsmassregeln in den weiten Räumen des Maschinenhauses der Genfer Wasserwerke wiederholten. So ist auch dieses Ergebnis für uns jetzt vollkommen klar; die Störungen aber, welche sich in die Versuche von Hertz selbst eingeschlichen hatten, haben einen Beweis seiner Gewissenhaftigkeit geliefert.

Noch im gleichen Jahre folgt die Arbeit: „Ueber elektrodynamische Wellen im Luftraume und deren Reflexion". War es bisher nur geglückt, mit Wellen zu arbeiten, welche entlang einem Drahte hingleiten, so wies Hertz hier die Existenz solcher Wellen im freien Luftraume nach. Dem Erreger gegenüber wurde an der Wand ein 8 Quadratmeter grosser Zinkblechschirm aufgehängt: an ihm wurden die vom Erreger ausgehenden elektrischen Wellen reflektiert und sie bildeten mit den ankommenden Wellen die Interferenzerscheinungen der stehenden Wellen mit ihren Knoten und Bäuchen. Wenn nun Hertz mit seinem als Empfänger dienenden Drahtringe zwischen dem Schirme und dem Erreger hin und her ging, so verschwanden die Fünkchen in dem Ringe in gewissen Punkten, erschienen an anderen Stellen wieder, verschwanden aufs neue u. s. w. Es fand also eine periodisch wechselnde Erscheinung statt entsprechend den Knoten und Bäuchen der elektrischen Kraft; damit war die wellenartige Natur, damit aber die Endlichkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit auch für diesen Fall definitiv erwiesen.

In der Arbeit: „Ueber die Fortleitung elektrischer Wellen durch Drähte" zeigt er, dass so schnell in ihrer Richtung wechselnde elektrische Bewegungen, wie die hier benutzten, sich fast ausschliesslich auf der Oberfläche der Leiter verbreiten, nicht aber tief in das Innere derselben eindringen. Dadurch erhält

eine im Anschluss an Faraday's und Maxwell's Anschauungen angebahnte Theorie Poynting's über die elektrische Strömung überhaupt eine sehr wichtige experimentelle Stütze. Nach dieser Theorie ist der elektrische Strom ein Phänomen, welches seinen Sitz weniger im Inneren des stromdurchflossenen Drahtes, als vielmehr in dem Aussenraum desselben hat. Die magnetische Wirkung des Stromes zeigt ja, dass in diesem Aussenraum ebenfalls etwas vor sich geht, was mit dem Stromphänomen sehr eng zusammenhängt. Es fliesst nicht etwas im Drahte, sondern von aussen her tritt die Energie an den Draht heran, im Drahtmateriale wird sie nur in die spezielle Form der Wärme umgewandelt. Nicht die Kupferseele eines Kabels vermittelt also die Energiewanderung von der Aufgabestelle zur Empfangsstelle, sondern die umhüllende Isolationsschicht; die Begriffe „Leiter und Nichtleiter“ vertauschen geradezu ihre Rollen. Freilich kommt dieses scheinbare Paradoxon nur dadurch zu Stande, dass man, wie Hertz sehr treffend bemerkt, die Angabe dessen unterschlägt, worauf man die Bezeichnung des Geleitetwerdens bezieht. In der That: Das elektrische Fluidum der alten Anschauungen ist abgeschafft, an seine Stelle sind selbständig im Raum bestehende und fortschreitende elektrische und magnetische Kräfte und die mit ihnen wandernden Energieen getreten, und für diese liegen die Verhältnisse der Leitfähigkeit gerade umgekehrt wie für die hypothetischen elektrischen Flüssigkeiten.

Im Laufe der Versuche hatte Hertz gelernt, sehr kurze Wellen, elektrische Wellen von 30 cm Länge, herzustellen und mit ihnen zu arbeiten. Die ihnen entsprechenden Schwingungen liessen sich in einem cylindrischen Hohlspiegel sammeln und geradezu zu einem Strahle elektrischer Kraft vereinigen. Nach der aus Maxwell's Theorie folgenden elektromagnetischen Auffassung der Lichterscheinungen musste sich ein solcher Strahl wie ein wirklicher Lichtstrahl verhalten. Dass dieses der Fall ist, zeigte Hertz in der Abhandlung: „Ueber Strahlen elektrischer Kraft“, derjenigen Abhandlung, welche am populärsten geworden ist und das grösste Erstaunen auch in den fernest stehenden Kreisen erregt hat. Der bescheidene Mann sagt in der Sammlung seiner Schriften: „Schnell hintereinander und ohne Mühe gelangen diese Versuche. Die Versuche mit den Hohlspiegeln sind schnell aufgefallen, sie sind häufig wiederholt und bestätigt worden. Sie

haben einen Beifall gefunden, welcher meine Erwartungen weit übertraf."

Er zeigte, wie solche Strahlen elektrischer Kraft sich geradlinig ausbreiten, wie das Licht, dass sie durch Metalle nicht hindurchgehen sondern von ihnen reflektiert werden, dass sie dagegen durch hölzerne Thüren und steinerne Wände hindurchdringen; dass sich durch Aufstellen von Metallschirmen hinter diesen Räume herstellen lassen, wo keine elektrische Wirkung mehr nachweisbar ist, dass also auf diese Weise geradezu elektrische Schatten entstehen, dass diese Strahlen beim Durchgang durch Drahtgitter sich polarisieren lassen wie Lichtstrahlen, wenn wir sie z. B. durch Nicol'sche Prismen schicken; das glänzendste Experiment aber war das, bei dem er den elektrischen Strahl gegen ein grosses, 12 Centner schweres Pechprisma schickte; der Strahl zeigte sich abgelenkt; er wurde gebrochen wie ein Lichtstrahl in einem Glasprisma. Damit war dem Ganzen die Krone aufgesetzt und das Gebäude vollendet.

In der 3 Jahre später erschienenen, also schon aus Bonn stammenden Arbeit: „Ueber die mechanischen Wirkungen elektrischer Drahtwellen" zeigte er noch, dass sich nicht nur eine Welle elektrischer Zustandsänderungen vom Erreger aus mit Lichtgeschwindigkeit in den Raum hinaus verbreitet, sondern zugleich mit ihr und mit ihr untrennbar verbunden eine magnetische Welle, wie es die Theorie erfordert.

In seiner letzten experimentellen Arbeit endlich kommt er noch einmal auf die Gasentladungen zurück und zeigt, fast gleichzeitig mit E. Wiedemann und Ebert, dass die Kathodenstrahlen durch dünne Metallblättchen hindurchgehen, während sie durch jede noch so dünne Schicht eines Dielektrikums abgeschnitten werden.

Hier setzte der unerbittliche Tod dem kühnen Experimentator eine Grenze des weiteren Vordringens. Noch zwei theoretische Arbeiten verdanken wir ihm: „Ueber die Grundgleichungen der Elektrodynamik in ruhenden und bewegten Körpern", welche einen grossen, namentlich formalen Fortschritt der Theorie der elektrischen und magnetischen Erscheinungen bezeichnen.

Auf seinem Sterbelager vollendete er noch ein Buch: „Ueber die Prinzipien der Mechanik", dessen baldigem Erscheinen die wissenschaftliche Welt mit grosser Spannung entgegensieht. —

Fassen wir noch einmal die Hauptergebnisse seiner Forschungen ins Auge: Er hat uns aus dem Banne der Fernewirkungstheorieen gelöst und von den elektrischen und magnetischen Wirkungen gezeigt, dass sie sich mit endlicher Geschwindigkeit von Teilchen zu Teilchen durch den Raum verbreiten. Dies ist ein Ergebnis von hoher allgemeiner, ich möchte sagen, philosophischer Bedeutung. Das mystische Dunkel, welches über jenen geheimnisvollen Wirkungen in die Ferne von Alters her lag, ist aufgehellt, das zwar von der Wissenschaft bis dahin geheiligte, aber vom Verstande nur ungern geduldete Dogma, dass ein Etwas dort wirken könne, wo es selbst nicht ist, hat für den Fall elektrischer und magnetischer Wirkungen seine Giltigkeit verloren.

Weiter ist die Identität der Art der Energie zweier gewaltiger Agentien in der Natur unumstösslich nachgewiesen: Licht- und Elektrizitätswirkungen sind wesensgleich, verschiedene Aeusserungen derselben Vorgänge. Damit ist die alte elastische Optik durch die elektromagnetische abgelöst worden. Die Lichtgeschwindigkeit ist gleich der Fortschreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen; diese gehorchen den optischen Gesetzen; das Gebiet der Optik ist enorm erweitert; zu den ultravioletten, sichtbaren und infraroten Strahlen mit ihren nur nach Tausendstel Millimetern messenden Wellenlängen sind Strahlen von vielen Metern Wellenlängen hinzugetreten; die Farbenskala ist ins Unendliche verlängert, wenn auch nicht gerade die Zäpfchen und Stäbchen unseres Sehorganes auf die neuen Schwingungen reagieren.

Aber noch in anderer Richtung haben wir den Hertz'schen Untersuchungen viel zu verdanken; wir sind, wie mir scheinen will, der Lösung der brennenden Frage: „Was ist Elektrizität"? durch sie ausserordentlich nahe gerückt. Hertz zeigt, dass es eine eigentliche Elektrizität, dieselbe als Fluidum im Sinne der älteren Theorieen gedacht, überhaupt nicht gibt; was wir durch diesen Hilfsbegriff erklären wollten, sind Zustände in jenem zwar hypothetischen, aber durch die Thatsachen uns vertrauten Fluidum „dem Aether", welcher alle Materie durchdringt. Auf jene letzte Hypothese werden wir also hingewiesen und die Erscheinungen des Magnetismus, der Elektrizität und der Optik scheinen insgesamt schliesslich eine einheitliche Erklärung zu finden in

einer „Mechanik des Aethers“. In dem Momente, wo dieses Gebäude vollendet ist, werden wir dem Ziele einer einheitlichen Naturerklärung überhaupt erheblich näher sein. Das sind die Errungenschaften der neuesten Forschungen, an denen Hertz einen überaus grossen Anteil hat. —

Ueberblicken wir die Reihe von seinen Leistungen, so fragen wir erstaunt: Ist es denn möglich, dass ein Mann in dem Zeitraum von 13 Jahren eine solche Fülle neuer Erkenntnisse zu Tage fördern, soviel neue Bahnen eröffnen und ganze neue Forschungsgebiete erschliessen konnte? Wenn uns auch das bittere Leiden von Hertz und sein zu frühes Hinscheiden tief erschüttern und betrüben muss, wenn der Gedanke an das, was dieser Geist noch hätte aufklären können, uns mit dem herben Schicksale, das ihn uns entriss, hadern macht, so dürfen wir doch sagen: Es war ein kurzes aber glückliches und reich gesegnetes Gelehrtenleben; der Ruhm unseres Hertz ist gesichert und wird hinausstrahlen in die Jahrhunderte fortschreitender geistiger Entwickelung, was diese auch an Grossthaten noch in ihrem Schosse bergen mögen, der Einfluss seiner Forschungen wird sich geltend machen, so lange elektromagnetische Schwingungen den Erdball noch erwärmen und erhellen.

Ueber thermoëlektrische Temperaturmessung.

Von J. Rosenthal.

Die grossen Vorzüge der thermoelëktrischen Temperaturmessung haben zu vielfachen Anwendungen derselben, besonders auch für physiologische Untersuchungen, geführt. Trotzdem haften der Methode noch Schwierigkeiten an, welche ihrer allgemeineren Verwendung im Wege stehen. So z. B. können Störungen dadurch erwachsen, dass an allen Stellen des in sich geschlossenen Kreises, in welchem verschiedene Metalle zusammentreffen, namentlich an den zur Verbindung benutzten Klemmen, Schlüsseln u. d. g. sekundäre Stromquellen auftreten. Es ist deshalb notwendig, den Stromkreis durchweg nur aus zwei Metallen zusammenzusetzen. Da nun der Galvanometerdraht aus Kupfer besteht, so darf man nur eine Kombination dieses Metalles mit einem geeigneten anderen Metalle benutzen, muss aber alle Klemmen u. s. w. nur aus Kupfer herstellen.

Als zweites Metall eignet sich für die meisten Fälle Eisen, welches in der thermoëlektrischen Spannungsreihe hinlänglich entfernt vom Kupfer steht, um auch feinere Messungen zu gestatten. Die elektromotorische Kraft zwischen Eisen und Kupfer ist aber nicht proportional den Temperaturdifferenzen. Nach den Untersuchungen von Avenarius[1]) lässt sich vielmehr die Beziehung zwischen elektromotorischer Kraft und Temperaturdifferenz für Kupfer-Eisen selbst für sehr grosse Differenzen genau genug durch die Formel

$$E = b\,(t_1 - t_2) + c\,(t_1^2 - t_2^2)$$

darstellen. Sind die Constanten b und c durch Versuche festgestellt, so kann man durch Messung von E sofort die Differenz $t_1 - t_2$ und wenn t_1 bekannt ist, unmittelbar t_2 finden. Hat man nur sehr kleine Differenzen zu messen, so kann man auch das zweite Glied der Formel vernachlässigen, d. h. man kann die

1) Poggendorff's Annalen. 119. 406 ff.

elektromotorischen Kräfte den Temperaturdifferenzen einfach proportionell setzen. Wenn man in diesem Falle zur Strommessung eine Wiedemann'sche Bussole oder eine der vielen ähnlichen Galvanometerarten benutzt, so muss man jedoch, wie ich [1]) früher gezeigt habe, mit dem Umstande rechnen, dass die Empfindlichkeit dieser Messinstrumente von den Schwankungen der horizontalen Componente der Intensität des Erdmagnetismus abhängt.

Handelt es sich um Messungen, welche sich auf ein grösseres Temperaturintervall erstrecken, an allen Stellen dieses Intervalles aber noch eine genügende Empfindlichkeit (sagen wir bis 0°,1 oder 0°,01 c.) haben sollen, so thut man besser statt der Stromstärke die elektromotorische Kraft selbst zu messen, was ja nach dem Compensationsverfahren mit grosser Schärfe geschehen kann. Auf diese Weise hat mein Sohn [2]) in einer für physiologische Zwecke unternommenen Versuchsreihe gearbeitet. Er konnte jedoch die Aufgabe, den Thermokreis ausschliesslich aus Eisen und Kupfer zu bilden, nicht streng durchführen, da er zur Kompensation ein Rheochord von Platindraht benutzte.

Um diesen Mangel zu beseitigen, habe ich jetzt ein Rheochord ganz von Kupfer in folgender Weise herstellen lassen. In einem runden Kasten sind 48 kleine Rollen von genau gleichem Widerstand im Kreise angeordnet. Ihre Enden sind mit starken Kupferstiften verlötet, welche über die Deckplatte des Kastens hervorragen und dort glatt geschliffen alle in einer Ebene enden. Auf diesen Endflächen schleift ein um die Axe drehbarer Kupferdraht. Die 48 Rollen sind in 2 Gruppen von je 24 geteilt. Während die benachbarten Enden je zweier Rollen jeder Gruppe durch die oben erwähnten Stifte unmittelbar, d. h. ohne merklichen Widerstand mit einander verlötet sind, hängen die beiden Gruppen untereinander durch einen Kupferdraht zusammen, welcher um den Hartkautschukrand der Deckplatte herumgelegt ist. An diesem Draht schleift das federnde Ende eines Hebels 2, welcher ebenfalls um die Axe, aber vom Hebel 1 isoliert, drehbar

---

1) Wiedemann's Annalen 2. 480. — Sitz.-Ber. der physik.-med. Societät zu Erlangen 1876.

2) Werner Rosenthal, Thermoëlektrische Untersuchungen über die Temperaturverteilung im Fieber. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abteil. 1893.

ist. Der Widerstand dieses Drahts ist genau gleich dem einer Rolle.

Das Rheochord besteht also aus 49 Widerstandseinheiten. Verbindet man die Enden desselben mit der compensirenden Kette, so fliesst der Strom erst durch die 24 Rollen der einen (linken) Gruppe, dann durch den Kreisdraht und dann durch die 24 Rollen der anderen (rechten) Gruppe. Der Zweigstrom wird durch die Hebel abgeleitet; seine Stärke kann von 0 bis 24 und beliebigen Bruchteilen dieser willkürlichen Einheit wechseln. Steht der Hebel 1 auf einem Stift der linken Gruppe, so ist sein Potential positiv, steht er auf einem Stift der linken Gruppe, so ist es negativ gegen das Potential des Hebels 2. Auf diese Weise kann man schnell und ohne dass man nötig hätte, den compensirenden Strom zu wenden, jede elektromotorische Kraft, welche in dem abgeleiteten Zweige auftritt, ihrer Stärke und Richtung nach messen, vorausgesetzt dass sie innerhalb gewisser Grenzen bleibt.

Diese Grenzen werden durch die Intensität des Stromes bestimmt, welcher das Rheochord durchfliesst. Da es sich bei Thermoströmen immer nur um sehr kleine elektromotorische Kräfte handelt, so muss man in den Kreis des compensirenden Stroms passende Widerstände einschalten. Bei meinen Versuchen benutze ich zur Compensation 2 Normal-Elemente unter Einschaltung von 40000 Ω in den Hauptkreis[1]). Da die Schliessung dieses compensirenden Stroms immer nur auf wenige Sekunden erfolgt, so kann man seine elektromotorische Kraft als vollkommen constant betrachten.

Auf dem Hartkautschukrand, um welchen der Kupferdraht gelegt ist, ist eine Teilung angebracht, auf der ein mit dem Hebel 2 verbundener Zeiger die Bruchteile des Drahts, welche eingeschaltet sind, anzeigt. Die Länge des Drahts ist in 100 Teile eingeteilt[2]).

1) In diesem Falle konnte ich Messungen innerhalb der Grenzen $t_1 \pm 13^{\circ}$C. ausführen u. z.. wie später gezeigt werden wird, mit einer Genauigkeit bis auf $0^{\circ},01$. Sollen grössere Differenzen gemessen werden, so muss man weniger Widerstand einschalten. Die Normal-Elemente waren ähnlich wie die von Beetz angegebenen, also modifizierte Daniell-Elemente, aus amalgamiertem Zink, Kupfer, Zinksulfat- und Kupfersulfatlösungen, letztere mit reinem Gyps angerührt, zusammengesetzt.

2) Je nachdem Hebel 1 auf der linken oder rechten Seite steht, müssen die Bruchteile des Kreisdrahts vom linken oder vom rechten Ende her

Betrachtet man einen solchen Bruchteil als Widerstandseinheit, so kann man also über 2500 derselben verfügen. Jeder Teil entspricht bei meiner Anordnung einer Potentialdifferenz von etwa $2 \cdot 10^{-9}$ Volt.

Um aus den Angaben des Compensators unmittelbar die zu messende Temperaturdifferenz bestimmen zu können, muss man den Apparat aichen. Zu diesem Zwecke bringt man die beiden Lötstellen auf bekannte Temperaturen und compensirt, sodann auf andere und compensirt wieder. Unter der Voraussetzung, dass die Formel von Avenarius zutreffend ist, würden zwei solche Bestimmungen genügen. Man thut aber besser, mehrere Bestimmungen bei verschiedenen Temperaturen zu machen und aus den gefundenen Werten das Mittel zu ziehen.

In den Versuchen meines Sohnes sowie bei den meinigen handelt es sich darum, Temperaturen zu bestimmen, welche zwischen + 20 und + 45° C. liegen konnten. Es wurde daher beschlossen, die eine Lötstelle möglichst constant auf etwa 32° zu halten und die Temperatur der anderen durch Vergleichung mit jener ersteren zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurde die eine Lötstelle neben einem Normalthermometer in einem Thermostaten auf jener Temperatur erhalten. Derselbe wirkte so gut, dass die Temperatur während einer längeren Versuchsreihe selten um 0°,1 schwankte. Zur Aichung wurde die andere Lötstelle in einem gleichen Thermostaten auf eine andere Temperatur innerhalb der angegebenen Grenzen gebracht und auf dieser erhalten, bis eine grössere Anzahl von Bestimmungen gemacht waren.

Die Aufgabe, welche wir zu lösen hatten, erforderte, dass schnell hintereinander die Temperaturen mehrerer Stellen des Tierkörpers gemessen werden mussten. Zu diesem Zweck waren 4 Thermokreise von Kupfer und Eisen so mit einander combinirt, dass die 4 einen Lötstellen getrennt, die 4 anderen vereinigt waren, d. h. in einen einzigen Kupferdraht ausliefen. Diese 4fache Lötstelle befand sich nebst dem Thermometer im Thermostaten, die 4 anderen an den zur Messung benutzten Stellen des Tieres;

---

gemessen werden. Die Zahlen sind deshalb doppelt u. z. der leichteren Unterscheidung wegen rot und schwarz angeschrieben.

Das Rheochord ist nach meinen Angaben von den Herren Reiniger, Gebbert & Schall hier in vortrefflicher Weise ausgeführt und kann von denselben bezogen werden.

bei der Aichung waren sie nebst einem zweiten Thermometer in dem zweiten Thermostaten. Um die Fehler durch sekundäre elektromotorische Kräfte auszuschliessen, wurde ausserdem jede Messung doppelt gemacht u. z. bei entgegengesetzter Richtung des Stroms, was durch gleichzeitige Umkehr des compensirenden und des Thermostroms mittels eines ganz von Kupfer construirten doppelten Stromwenders geschah.

Obgleich die Fehler durch sekundäre Stromkräfte bei Anwendung des neuen Kupferrheostaten kaum noch hervortraten, so wurde doch bei der neuen Aichung dieses Verfahren beibehalten. Jede einzelne Bestimmung setzt sich also aus 8 Ablesungen zusammen, 4 bei der einen Stromrichtung für jeden der 4 Thermokreise und 4 bei der entgegengesetzten Stromrichtung. Am Anfang und Ende jeder dieser 8 Messungen wurden die Thermometer abgelesen. 10.8 solcher Messungen bildeten eine Reihe, deren Mittelwerte zur Berechnung benutzt wurden.

Der thermoëlektrische Teil dieser Messungen ist von einer allen Anforderungen entsprechenden Genauigkeit. Leider gilt dies nicht von dem thermometrischen Teil. Namentlich hat man unter der Trägheit der Thermometer zu leiden. Wenn sich die Temperatur in dem einen oder dem anderen Thermostaten etwas ändert, so zeigen dies die Thermoelemente sofort, die Thermometer aber nicht sogleich an. Statt der wahren erhält man daher in solchen Fällen falsche Werte für die den abgelesenen Werten der elektromotorischen Kraft entsprechenden Temperaturdifferenzen. Es bleibt deshalb nichts übrig, als durch Häufung der Versuche die Beobachtungsfehler zu eliminiren.

Aus einer grösseren Zahl von Versuchen solcher Art berechnete ich die Werte der Constanten für die Formel

$$b + (t_1 + t_2)\,c = \frac{E}{t_1 - t_2}$$

zu $b = 224{,}707$ $\qquad c = -\,0{,}7353.$

Ich habe der Formel die obige Form gegeben, weil der Ausdruck $\frac{E}{t_1 - t_2}$ in anschaulicher Weise die Empfindlichkeit unsrer Einrichtung oder den Grad der Genauigkeit, mit welcher wir, bei gegebenem t_1 den Wert von t_2 zu bestimmen vermögen, anzeigt. $\frac{E}{t_1 - t_2}$ gibt nämlich die Zahl der Compensatorteile an, welche auf

einen Grad Celsius Temperaturdifferenz entfallen. t_1 ist in unseren Versuchen immer = 32°. Für t_2 = 20° ist dann $\frac{E}{t_1 - t_2} = 186.5$, für t_2 = 45° aber nur = 168.1.

Für die Praxis der Temperaturmessung nach unserem Verfahren kommt noch in Betracht, welche Verschiebung des Hebels 2 an dem Messdraht sich deutlich durch ihre Wirkung auf das Galvanometer erkennen lässt. Dies hängt von der Empfindlichkeit des Galvanometers und von den Widerständen im Thermokreise ab. Die Empfindlichkeit der Galvanometer lässt sich bis zu jedem wünschenswerten Grade steigern[1]). Der Widerstand der Thermorollen beträgt zusammen nur 0,2 Ω. Dazu kommt dann noch der Widerstand der Thermoelemente und der wechselnde Widerstand des Compensatordrahts. Der Einfluss des letzteren macht sich deutlich bemerkbar. Während bei kleinem $t_1 - t_2$ die Ablenkung des Galvanometers sofort sich ändert, sobald man den Compensator nur um weniger als einen Teilstrich vor oder rückwärts bewegt, wird bei grossen Differenzen die Wirkung erst bei 1 bis 2 Teilstrichen bemerkbar. Nehmen wir letzteres als Grenzwert an, so können wir also Unterschiede von nahezu 0,01 noch mit Sicherheit bestimmen.

Die Empfindlichkeit würde noch sehr viel grösser sein, wenn nicht der Widerstand der von mir benutzten Thermoelemente ein verhältnissmässig grosser wäre. Für die Aufgabe, welche ich zu lösen hatte (Temperaturmessungen an Tieren), war es notwendig, dass die Thermoelemente aus langen und biegsamen Drähten geformt wurden. Ich musste daher dünne Drähte verwenden, und das macht bei dem verhältnissmässig grossen spezifischen Widerstand des Eisens sehr viel aus. Um trotzdem nicht allzuviel an der Empfindlichkeit einzubüssen, verwende ich Bündel von je einem Kupfer- und 3 Eisendrähten von 0,2 mm Durchmesser. Bei Anwendung der Methode für andere Zwecke, z. B. zur Bestimmung

1) Ich benutze zu diesen Versuchen das von mir beschriebene Galvanometer (Wiedemann's Annalen Bd. 23); mein jetziges Instrument unterscheidet sich aber von dem ursprünglichen insofern, als statt des Hufeisenmagnets ein astatisches Nadelpaar aus 2 Sförmig gekrümmten Stücken Uhrfederstahl, deren Pole in 4 kleinen Rollen spielen, benutzt wird. Behufs Dämpfung sind an den Nadeln grosse Glimmerblätter angeklebt, welche in 2 keilförmigen Luftkammern schwingen.

von Schmelz- oder Siedepunkten u. d. g. wird man kürzere und dickere Drähte anwenden können und es leicht dahin bringen, bis auf 0°,001 genau zu messen.

Für Messungen, wie die letzterwähnten, welche ja jetzt in der physikalischen Chemie eine grosse Rolle spielen, wird man die eine Lötstelle nicht in einem Thermostaten, sondern in einer passenden Substanz, deren Schmelzpunkt hinreichend genau bekannt ist, halten. Um chemische Einwirkungen auf die Lötstellen zu verhindern, wird man dieselben mit einem geeigneten Firniss überziehen oder noch besser vergolden, was ohne Schaden für die thermoëlektrische Wirkung geschehen kann.

Ein Fütterungsversuch mit C. Paal'schem Glutinpepton.

Von Otto Ganz.

(Aus dem physiologischen Institut zu Erlangen.)

Die Fortschritte, welche die Lehre von der Verdauung der Eiweisskörper in den letzten 50 Jahren gemacht hat, nehmen ihren Ausgang von der Entdeckung des Pepsins. Erst nachdem Th. Schwann[1]) im Jahre 1836 gezeigt hatte, dass die Eiweissverdauung im Magen nicht durch die Säuren des Magensaftes allein, wie noch Tiedemann und Gmelin[2]) geglaubt hatten, sondern durch ein im Magensaft enthaltenes eiweisslösendes Prinzip im Verein mit jenen Säuren bewirkt werde, begann ein erfolgreiches Studium der Umwandlungen, welchen die wichtigsten Nährstoffe im Magen unterliegen. Schwann, der nach dem Beispiel Spallanzani's[3]) für seine Versuche den Weg der künstlichen Verdauung wählte, nannte das eiweisslösende Prinzip des Magensaftes Pepsin. An diese Bezeichnung sich anlehnend, bezeichnete Lehmann die Gesamtheit der löslichen Stoffe, welche er durch Pepsineinwirkung aus den Eiweisskörpern darstellen konnte, als Pepton Er hielt das Pepton, richtiger die Peptone für Körper, die in ihrer prozentischen Zusammensetzung den Eiweissstoffen gleich seien, sich aber von diesen in ihrem Verhalten gegen Lösungsmittel und Reagentien unterschieden. Seine Ansicht, die Eiweisskörper müssten bei der Verdauung eine solche Veränderung erleiden, um aus schwer diffusiblen Stoffen in leicht diffusible umgewandelt zu werden, in Stoffe, welche in höherem Grade für die Resorption, d. h. für den Durchgang durch die Darmwand befähigt

---

1) Schwann, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1836. S. 90.

2) Tiedemann u. Gmelin, „Die Verdauung nach Versuchen". Heidelberg u. Leipzig. 1831.

3) Herrn Abt Spallanzani's Versuche über das Verdauungsgeschäft des Menschen und verschiedener Tierarten; nebst einigen Bemerkungen des Herrn Senebier. Uebersetzt und mit einem Register versehen von Dr. Christ. Friedr. Michaelis. Leipzig 1785.

seien, erhielt eine Stütze durch Untersuchungen von Funke[1]), der nachwies, dass das endosmotische Aequivalent des Eiweisses über 100, das der Peptone 7,1—9,9 sei, dass also von den letzteren etwa 12 mal so viel wie von dem ersteren durch die trennende Membran eines Dialysators hindurchtrete.

Meissner schied die Peptone in Para-, Meta-, Dys-, a-, b- und c-Peptone, die teils Gemische verschiedener Körper, teils Spaltungsprodukte des bei der Verdauung zerfallenen Albumins waren[2]).

Während nun diese Autoren und besonders noch Hermann[3]) die Ansicht vertraten, dass alle Eiweisskörper erst in leicht diffundierende Peptone umgewandelt würden, ehe sie zur Resorption gelangten, und dass die Peptone nach der Resorption im Organismus zu Eiweisskörpern regeneriert würden, entschied sich Brücke für die Auffassung, die leicht löslichen, durch Ferrocyankalium + Essigsäure nicht mehr fällbaren Peptone seien sekundäre Verdauungsprodukte der ursprünglichen Eiweisskörper, vielleicht auch schon Zersetzungsprodukte, und nur das durch die Magensäuren gelöste, zum Teil in Syntonin verwandelte, aber noch nicht peptonisierte Eiweiss komme zur Resorption. Er begründete diese Auffassung einmal damit, dass die Zeit, welche die Eiweisskörper im Magen zubringen, zu kurz sei, als dass alles Eiweiss peptonisiert werden könnte, und meinte[4]), „Diejenigen, welche die Lehre von den Peptonen, ihrer ausschliesslichen Resorptionsfähigkeit und ihrer Regeneration oder Rekomposition zu Eiweiss, Fibrin etc. aufgestellt oder angenommen haben, sind in der That mit befremdender Leichtigkeit hinweggegangen über die Langsamkeit, mit der die Peptonbildung erfolgt“. Denn um Peptone herzustellen, hatte Mulder Eiweisskörper 4 Tage lang der Einwirkung der Verdauungsflüssigkeit aussetzen müssen, während nach Versuchen von Beaumont die Zeit der Magenverdauung nur auf 6—6$^1/_2$ Stun-

---

1) Funke, Das endosmotische Verhalten der Peptone. Virchow's Archiv, Bd. XIII, S. 449.

2) Meissner, Zeitschrift f. rat. Medizin, III. Reihe, Bd. X. 1861.

3) Hermann, Ein Beitrag zum Verständnis der Verdauung und Ernährung. Zürich 1867.

4) Brücke, Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften, Bd. XXXVII, Seite 171.

den zu veranschlagen war, und während Busch[1]) bei einer Patientin mit einer Fistel im oberen Ende des Dünndarmes gefunden hatte, dass die ersten Spuren der genossenen Speisen schon zwischen 15 und 35 Minuten nach der Aufnahme durch die Fistel traten.

Liess sich nun dieser Einwurf Brücke's durch den Hinweis beseitigen, dass die Peptonisierung des Eiweisses ja auch noch im Darme stattfände, so sprachen folgende Beobachtungen entschieden zu Gunsten seiner Auffassung in der Peptonfrage. Brücke selbst fand nämlich bei Tieren, welche er während der Verdauung getötet hatte, geronnenes Eiweiss in den Chylusgefässen. Da nun die Fähigkeit zu gerinnen dem Pepton abgeht, so schloss er, dass das Gerinnsel in den Chylusgefässen nichts anderes als unverändertes Eiweiss sei, d. h. dass unverändertes, jedenfalls nicht peptonisiertes Eiweiss zur Resorption gelangt sei. Ferner zeigten Versuche von Voit und Bauer[2]), dass flüssiges Eiweiss im normalen Dickdarm resorbiert werde, ohne eine Umwandlung durch Fermente erfahren zu haben. Wenn aber der Dickdarm gelöstes Eiweiss aufzusaugen im Stande war, so konnte diese Fähigkeit sicher auch bei allen anderen Abschnitten des Verdauungskanals vorausgesetzt werden.

Die Streitfrage, ob Eiweiss unverändert oder peptonisiert im Organismus zur Resorption gelange, konnte dadurch gelöst werden, dass man Tiere mit bereits peptonisiertem Eiweiss fütterte. Gelang es den Stickstoffbedarf eines Tieres während einer genügend langen Versuchszeit durch Peptonzufuhr zu decken, so war an der Resorption der Peptone nicht mehr zu zweifeln.

Plósz[3]) gebührt das Verdienst, solche Versuche zuerst ausgeführt zu haben. Er fütterte 18 Tage lang einen 10 Wochen alten 1335 g wiegenden Hund mit reinen Pepsinpeptonen, „aus Fibrin mit künstlicher Verdauungsflüssigkeit durch 2—3 Wochen dauerndes Digeriren bei 40° C. dargestellt". Dazu reichte er ausgekochte eiweissfreie, in Aether völlig lösliche Butter, Traubenzucker, der sich in Alkohol von 95% vollständig löste, also ebenfalls eiweissfrei war, und Salze. Während der 18tägigen Versuchsdauer wurden verfüttert 567 g Pepton, 422 g Zucker und 309 g Fett.

1) Virchow's Archiv, Bd. XIV, S. 140.
2) Zeitschrift für Biologie, Bd. V, S. 536.
3) Pflüger's Archiv, Bd. IX, S. 325.

Er folgert nun aus der Thatsache, dass das Gewicht seines Hundes von 1335 auf 1836 g stieg, dass „das Eiweiss durch Peptone vollständig bezüglich aller Nährfunktionen ersetzt wird.“ Allein Voit[1]) hält bei Beurteilung dieses Versuches die Gewichtszunahme allein nicht für beweisend und ist der Ansicht, „das Tier hätte bei ausschliesslicher Fütterung mit stickstofffreien Stoffen ebensoviel an Wasser und Fett gewinnen können“. Maly[2]) fütterte zu gleicher Zeit eine Taube mit Fibrinpepton, Stärke und Fett und erzielte eine Vermehrung ihres Körpergewichtes um 3 g. Voit bemängelt diesen Versuch aus dem gleichen Grunde, während Adamkiewicz[3]) den geringen Zuwachs von 3 g mit Recht als in den Grenzen der natürlichen Körpergewichtsschwankungen liegend annimmt.

Nachdem die Untersuchungen Voit's ergeben hatten, dass der gesamte in der Nahrung eingeführte Stickstoff den Körper wieder in den Exkrementen verlasse, konnte die Frage in betreff der Ernährung mit Pepton nur so gefördert werden, dass man den Stickstoffgehalt der Nahrung und der Egesta bestimmte, mit einander verglich und aus der jeweiligen Differenz den N-Ansatz, resp. N-Verlust berechnete, wobei das Verhalten des Körpergewichtes zur Kontrolle dienen musste.

Nach diesen Prinzipien verfuhren zuerst Plósz und Gyergyai[4]): sie fütterten einen Hund, dessen Körpergewicht sie durch mehrtägiges Hungern herabgesetzt hatten, mit einem Gemisch von Pepton — aus Fibrin mittelst künstlicher Verdauungsflüssigkeit dargestellt —, Traubenzucker, Stärkekleister und ausgekochter Butter. Während der 7 Tage dauernden Peptonfütterung nahm das Tier um 259 g zu und setzte ausser dieser Gewichtszunahme noch N-haltige Gewebssubstanz an, da von den 14,451 g des im Pepton eingeführten Stickstoffs nur 13,463 g in den Exkrementen ausgeschieden wurden, also ein N-Ansatz von 0,988 g erzielt wurde; „womit allerdings“, bemerkt Voit[5]), „bewiesen wäre, dass das Pepton wie Eiweiss wirkt“. „Aber das Tier hatte

1) Voit, Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. VI, Tl. 1, S. 394.
2) Pflüger's Archiv, Bd. IX, S. 585.
3) Adamkiewicz, Natur und Nährwert des Peptons. 1877. S. 74.
4) Pflüger's Archiv, Bd. X, S. 536.
5) [illegible] S. 121.



nur ein Gewicht von 2531 g, so dass es nicht möglich war, den Harn direkt aufzufangen; bei Versuchen, bei welchen es auf kleine Mengen von Stickstoff ankommt, muss aber jeder Verlust von Harn vermieden sein“. Adamkiewicz[1]) setzt an diesem Versuche aus, dass die beiden Forscher es unterlassen hätten, bei ihrem Hund vorher die Grösse des Stickstoffumsatzes zu bestimmen; denn es ist „selbstverständlich, dass, wenn man die Einflüsse auf den Stickstoffumsatz kennen lernen will, man zunächst die Grösse selbst kennen muss, die durch diese Einflüsse geändert werden soll. Denn die Aenderungen dieser Grösse sind es, die man sucht“. Ausserdem hält er es nicht für ausgeschlossen, dass eine Retention von nur 0,988 g N innerhalb der Fehlergrenzen liegen könne.

Adamkiewicz[2]) suchte bei seinem Versuche zunächst der Forderung Voit's gerecht zu werden, indem er einen grossen, 33 kg schweren Hund benutzte, bei welchem er den Harn direkt auffangen konnte; weiter brachte er sein Versuchstier nicht durch Hunger, sondern durch eine unzureichende Nahrung auf eine bestimmte Stickstoffausgabe (Stickstoff in Harn und Kot). Nachdem das Tier sich so eingestellt hatte, dass es bei einer Zufuhr von 5,980 g N, die ihm täglich in einer aus gekochten Kartoffeln, Pferdefleisch und Fett bestehenden Nahrung dargeboten wurden, 6,32 g N ausschied, also 0,34 g N täglich von seinem Körper verlor, fügte er zu dem Futter noch 29,02 g Pepton, das er aus Fibrin mittels Glycerin-Pepsin dargestellt hatte, mit einem Stickstoffgehalt von 4,846 g, so dass der Hund nunmehr täglich 10,826 g N einnahm. An den 2 Tagen, an welchen er dieses Futter erhielt, schied er im Mittel nur 8,06 g N aus: es fand folglich ein Ansatz von 0,34 + 2,766 = 3,106 g N täglich statt. Adamkiewicz schliesst daraus, dass dieser Ansatz durch die Zufuhr des im Pepton enthaltenen Stickstoffs bewirkt worden sei.

Voit wendet gegen diesen Schluss ein, dass, da ja neben dem Pepton stets auch Eiweiss gereicht worden sei, es vielmehr den Anschein gewinne, als habe das Pepton einen Teil des zugleich gegebenen Eiweisses vor dem Zerfall geschützt, und dieses sei dann zum Ansatz gelangt, während das Pepton zerstört worden sei, zumal

1) l. c. S. 77.
2) l. c. S. 85.

da der in den Exkrementen ausgeschiedene N den N-Gehalt des eingeführten Peptons übertroffen habe und der zum Ansatz gelangte Stickstoff geringer gewesen sei, als der im Eiweiss enthaltene. Die Verhältnisse erhellen aus folgender Zusammenstellung:

Eiweiss	Pepton	Exkremente	Ansatz
N		N	N
5,980 g	4,846 g	8,06 g	3,106 g.

Im Jahre 1879 berichtete Adamkiewicz[1]) über einen weiteren Ernährungsversuch mit Pepton, den er gelegentlich einer Arbeit über die leichtere Resorption des Peptons gegenüber dem unveränderten Albumin angestellt hatte. Eine Hündin von ca. 20 kg Gewicht, die einige Tage nur Wasser erhalten hatte, bekam zuerst 50 g Gelatine mit einem N-Gehalte von 7,6 g, darauf 50 g Pepton, die 7,75 g Stickstoff repräsentierten, und am folgenden Tage ausser dem Peptonfutter noch 100,0 g Speck. Dabei verhielten sich die N-Ausgaben zu den N-Einnahmen folgendermassen:

Nahrung	Tage	N: Einnahmen	N: Ausgaben	N: Bilanz	Körpergewicht
300 ccm Wasser	2	—	7,34 g	— 7,34 g	20,3 kg
50,0 g Gelatine 2,0 „ Kochsalz 300 ccm Wasser	2	15,2 g	18,87 „	— 3,67 „	19,72 „
50,0 g Pepton 2,0 „ Kochsalz 300 ccm Wasser	2	15,5 „	17,04 „	— 1,54 „	19,38 „
50,0 g Pepton 100,0 „ Speck 2,0 „ Kochsalz 300 ccm Wasser	1	15,5 „	5,74 „	+ 9,76 „	19,24 „

Es erfolgte also in der That ein N-Ansatz. Auch im Kot fand sich der fehlende Stickstoff nicht wieder, denn an den Pepton-

1) Adamkiewicz, Ist die Resorption des Albumins etc. Sep.-Abdr. aus Virchow's Archiv, Bd. LXXV. 1879.

tagen hatte der Kot nur einen N-Gehalt von 0,93 g. Da aber der folgende Tag bereits wieder ein Hungertag war und im weiteren Verlaufe des Versuches kein Pepton mehr gereicht wurde, so dürfte dieses Resultat keine Beweiskraft haben.

Voit[1]) konnte Ratten mit einer aus Pepton und N-freien Stoffen bestehenden Nahrung nicht am Leben erhalten; obwohl die Tiere das Futter bis zum letzten Tage frassen und auch verdauten, gingen sie doch nach 7 Monaten zu Grunde. Hingegen trat dies nicht ein, wenn er dem Gemisch etwas Eiweiss hinzufügte. Er folgert: „Daraus scheint hervorzugehen, dass das Pepton als Nahrungsstoff nicht die volle Bedeutung des Eiweisses besitzt, d. h. im Körper nicht in Eiweiss übergeht. Und an einer anderen Stelle[2]) meint er, „dass es aber durch seine Zerstörung den Zerfall des Eiweisses in den Zellen und Geweben fast ganz oder ganz aufheben kann und dann nur soviel Eiweiss vom Organismus abgegeben wird, als in den abgestossenen organisierten Gebilden enthalten ist".

Inzwischen hatte man versucht, den chemischen Bau der Peptone näher zu ergründen, und gefunden, dass die Ansicht Lehmann's, nach der sie die gleiche prozentische Zusammensetzung wie das Eiweiss haben sollten, nicht mehr stichhaltig sei.

Thiry[3]) fand bei der Analyse seiner Peptone, die er durch Kochen von Hühnereiweiss darstellte, Zahlen, die nur in geringem Grade von denen der Muttersubstanz abwichen.

Möhlenfeld[4]) bereitete Fibrinpeptone durch Verdauung von Blutfibrin mit künstlichem Magensaft; die Analysen zweier nach ihrem Verhalten gegen Silberoxyd unterschiedenen Peptone ergaben bedeutend geringere Werte, als die Analyse des Fibrins. Er glaubt, dass bei der Bildung der Peptone Kohlensäure aus dem Eiweiss abgespalten werde, und dass an ihre Stelle Wasser eintrete.

Kistiakowsky[5]) widerlegte diese Angabe Möhlenfeld's: von einer Kohlensäureentwicklung könne keine Rede sein; denn

1) l. c. S. 394.
2) l. c. S. 122.
3) Zeitschrift f. rat. Medizin, III. Reihe, Bd. XIV, S. 78.
4) Pflüger's Archiv, Bd. V, S. 381.
5) Pflüger's Archiv, Bd. IX, S. 438.

wenn er eine Röhre mit Magensaft und Fibrin füllte, über Quecksilber aufstellte und 2 Wochen lang bei 38° stehen liess, so entwickelten sich keine Gase. „Es ist nicht anzunehmen“, fährt er fort, „dass die sich etwa entwickelnde Kohlensäure von dem Röhreninhalt absorbiert wurde, weil die freie Säure des Magensaftes die Bindung der Kohlensäure verhindert“.

Kistiakowsky nimmt vielmehr an, ein Teil des Kohlenstoffs der Eiweisskörper müsse sich bei der Bildung der Peptone in einer komplizierteren Verbindung, als die Kohlensäure ist, abspalten, und die bei der Verdauung sich etwa entwickelnde Kohlensäure entstehe aus weniger beständigen Körpern, als Fibrin und andere Eiweisskörper sind. Er folgte den Angaben Kühne's, dass durch Einwirkung von Pankreassaft auf Fibrin den Magenpeptonen sehr ähnliche Körper entständen, und stellte neben Magenpeptonen auch Pankreaspeptone dar, wobei ihm der niedrigere Gehalt der letzteren an C, der höhere an O als Effekt der weiter vorgeschrittenen Verdauung bereits auffiel. Die Pankreaspeptone haben um $^1/_5$ weniger C und fast um ebenso viel mehr O als die Muttersubstanz. Merkwürdig klingt seine Angabe in betreff der Pankreaspeptone, da sie mit den jetzt über diese Körper gemachten Beobachtungen gar nicht übereinstimmt: „Der Geschmack der Peptone ist angenehm, etwas süsslich, welche Eigenschaft den Magenpeptonen nicht in diesem Grade zukommt.“

Maly[1]) stellte Peptone aus Fibrin dar, und zwar, um einen einheitlichen Körper zu erhalten, durch sog. fraktionierte Fällung. Er „versetzte die klare, stark eingeengte Peptonlösung mit starkem Alkohol so lange, bis ein Teil des Peptons sich in zusammenklebenden Flocken abgeschieden hatte (Fraction I); das Filtrat wurde neuerdings mit Alkohol gefällt (Fraktion II) und endlich die übrig bleibende alkoholische Lösung abgedampft (Fraktion III)“. Er fand bei der Elementaranalyse seines Peptons, dass es sich sehr wenig von seiner Muttersubstanz, dem Fibrin, unterscheide, und meint, dass dieser Körper nicht als Zersetzungsprodukt aufzufassen sei. „Wahrscheinlich wird dadurch ferner, dass das Pepton noch ein Körper ist von nahe derselben Molekulargewichtsgrösse als das Eiweiss im weitesten Sinne, und dass es vielleicht nur die Elemente des Wassers sind, die es mehr als Eiweiss enthält.“

1) Pflüger's Archiv, Bd. IX, S. 585.

Auch Henninger[1]) fand bei seinen aus Fibrin und Eiweiss dargestellten Peptonen eine diesen Substanzen ähnliche Zusammensetzung.

Herth[2]), ein Schüler Maly's, stellte ebenfalls ein Pepton mittels fraktionierter Fällung dar und erhielt bei der Analyse Zahlen, die sich denen des Wurtz'schen Eiweisses näherten.

Diesen Angaben gegenüber stehen Analysen von Kossel[3]), der für sein Fibrinpepton einen erheblich kleineren Kohlenstoffgehalt fand, als dem Fibrin zukommt. In betreff der von Möhlenfeld durch Behandlung mit Silberoxyd entchlorten und analysierten Peptonpräparate wies er nach, dass sie Zersetzungsprodukte enthielten und zu geringen Kohlenstoff- neben zu hohem Sauerstoffgehalt besassen.

In einer späteren Abhandlung[4]) kommt Kossel auch auf die von Maly und Henninger gefundenen Werte zu sprechen und äussert dabei eine Vermutung, die später durch die Arbeiten Kühne's und seiner Schüler als durchaus zutreffend erwiesen wurde. Er hält es nämlich nicht für unmöglich, dass die Differenzen zwischen beiden Werten (Henninger und Maly einer- und Kossel andererseits) so erklärt werden könnten, dass bei der Pepsinverdauung anfangs Produkte entständen, welche die von den beiden Forschern gefundene Zusammensetzung hätten, später — durch weitere Hydratation — Produkte mit niederem Kohlenstoffgehalt.

In der folgenden Tabelle I habe ich die Eiweissanalysen von Thiry, Kistiakowsky und Maly mit denen von Dumas und Cahours und Wurtz, welche in der Regel als Norm angesehen werden, zusammengestellt. Die Uebereinstimmung der gefundenen Werte ist augenfällig. Tabelle II zeigt die bedeutenden Unterschiede der Peptonanalysen der einzelnen Forscher; hier stimmen nur die Werte von Thiry, Maly, Henninger und Herth sowohl unter einander wie auch mit den Werten der Tabelle I gut überein.

---

1) Citiert nach Pflüger's Archiv, Bd. XX, S. 329.

2) Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. I, S. 279.

3) Pflüger's Archiv, Bd. XIII, S. 309.

4) Kossel, chemische Zusammensetzung der Peptone. 1879. Sep.-Abdr. a. Zeitschrift für physiol. Chemie.

Tabelle I. **Eiweissanalysen.**

C	H	N	S	O	
52,7 %	7,00 %	16,6 %	— %	— %	Dumas u. Cahours, Fibrin.
52,9 „	7,10 „	15,6 „	— „	— „	Wurtz, Hühnereiweiss.
51,37 „	7,13 „	16,06 „	2,12 „	— „	Thiry [1]), Hühnereiweiss.
52,32 „	7,07 „	16,23 „	1,35 „	23,03 „	Kistiakowsky [2]), Fibrin.
52,51 „	6,98 „	17,34 „	0,9 „	— „	Maly [3]), Fibrin.

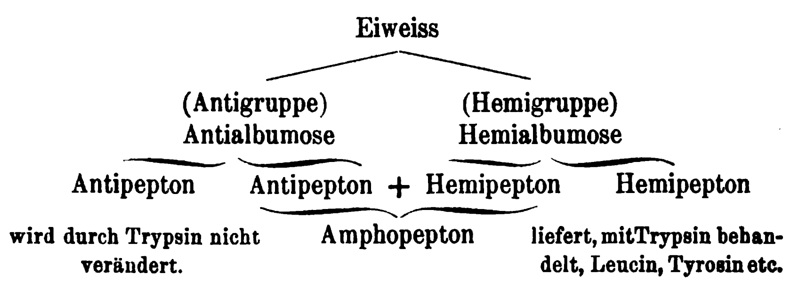
Tabelle II. **Peptonanalysen.**

C	H	N	S	O	
50,87 %	7,03 %	16,34 %	1,64 %	— %	Thiry [1]), Eiweisspepton.
47,71 „	8,37 „	15,40 „	0,89 „	27,63 „	Möhlenfeld [4]), Fibrinpepton.
44,96 „	7,83 „	17,85 „	29,36 „ (S + O)		Möhlenfeld [4]), Fibrinpepton.
42,72 „	7,13 „	15,92 „	1,03 „	33,20 „	Kistiakowsky [2]), Pankreas-Fibrinpepton.
46,67 „	7,12 „	16,30 „	0,93 „	28,98 „	Kistiakowsky [2]), Magen-Fibrinpepton.
51,4 „	6,95 „	17,13 „	—	—	Maly [3]), Fibrinpepton.
51,43 „	7,05 „	16,66 „	—	—	Henninger [5]), Fibrinpepton.
52,28 „	7,05 „	16,38 „	—	—	Henninger [5]), Eiweisspepton.
52,53 „	7,04 „	16,72 „	—	—	Herth [6]), Eiweisspepton.
48,97 „	7,06 „	15,14 „	1,16 „	—	Kossel [7]), Fibrinpepton.

1) Zeitschrift f. rat. Medizin, III. Reihe. Bd. XIV, S. 78.
2) Pflüger's Archiv, Bd. IX, S. 438.
3) Pflüger's Archiv, Bd. IX, S. 585.
4) Pflüger's Archiv, Bd. V, S. 381.
5) Citiert nach Pflüger's Archiv, Bd. XX, S. 329.
6) Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. I, S. 279.
7) Pflüger's Archiv, Bd. XIII, S. 309.

So schien es also, als ob die Ansicht Lehmann's wieder zur allgemeinen Geltung kommen sollte, dass Pepton und Eiweiss entweder gleich zusammengesetzt seien oder doch nur um wenig differierten, „kurz, dass die Peptone von ihren resp. Muttersubstanzen nicht mehr abweichen als diese, d. h. die eigentlichen Eiweisssubstanzen untereinander“ (Maly)[1]; denn den Analysen Kossel's standen solche einer Autorität wie Maly gegenüber!

Da brachten die Arbeiten Kühne's[2]) und Kühne's und Chittenden's[3]) neues Licht in die Peptonfrage. Die beiden Forscher wiesen nach, dass der Uebergang von Eiweiss in Pepton sich nicht in so einfacher Weise vollziehe, als man früher gemeiniglich annahm, und dass das, was allgemein mit dem Namen Pepton bezeichnet wurde, ein unreines Gemisch sei. Nach Kühne zerfällt das Eiweissmolekül zunächst in zwei Komponenten, die Antigruppe und die Hemigruppe; jede dieser Gruppen liefert dann Zwischenprodukte, die sog. Albumosen, und zwar Anti- und Hemialbumose; und diese erst gehen in Peptone über, in Anti- und Hemipepton, so dass es nach vollendeter Pepsinverdauung mindestens zwei Peptone gibt, von denen das eine mit Trypsin Amidosäuren liefert, das andere nicht. Dieses Gemisch von Anti- und Hemipepton nennt Kühne Amphopepton. Aus der folgenden Tabelle lässt sich der Gang der Eiweissverdauung leicht verfolgen:



Die Analysen des Amphopeptons stimmen in dem niedrigen Kohlenstoffgehalte überein mit den von Kossel gefundenen Werten, während die von Kühne und Chittenden für die aschefreie

1) Pflüger's Archiv, Bd. XX, S. 315.

2) Verhandlungen des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. I. 1877.

3) Zeitschrift für Biologie, Bd. XIX, S. 159.

Hemialbumose (aus Fibrin) angegebenen Zahlen den von Maly und Henninger für ihre sog. Peptone gefundenen sehr nahe stehen, ein Beweis, dass die letztgenannten keine reinen Peptone in Händen hatten.

	Fibrinpepton		Hemialbumose aus Fibrin	Fibrinpepton	Amphopepton aus Fibrin
	Maly	Henninger	Kühne u. Chittenden	Kossel	Kühne u. Chittenden
C	51,4 %	51,43 %	51,14 %	48,97 %	48,47 %
H	6,95 „	7,05 „	6,67 „	7,06 „	7,02 „
N	17,13 „	16,66 „	16,86 „	15,14 „	16,86 „
S	—	—	—	1,16 „	0,77 „

„Fast alles mit Pepsin bereitete Pepton“, sagt Kühne[1]), „das man bis heute in Händen gehabt, bestand zum grössten Teil aus Albumosen, und nur das durch Pankreasverdauung erhaltene Antipepton ist gelegentlich nahezu oder ganz frei davon gewesen. Da es kein Mittel zur Trennung der Albumosen von den Peptonen gab und die Magenverdauung nur einen geringen Anteil der ersteren in Peptone überführt, so konnte nur die Trypsinverdauung, welche die Albumosen vollkommen zu verwandeln mag, ein davon freies Pepton liefern“.

Dieses Mittel, das die Albumosen von den Peptonen zu trennen ermöglicht, ist nun von einem Schüler Kühne's, von Wenz in dem schwefelsauren Ammoniak gefunden worden. Heynsius[2]) hatte dasselbe bereits als das beste Mittel erkannt, sämtliche Eiweissstoffe mit Einschluss des „Propeptons“, d. i. der Albumosen, und des Peptons auszufällen. Diese letztere Angabe in betreff des Peptons erwies sich als unrichtig und ist ein weiterer Beweis dafür, wie oft die Peptone mit den Albumosen verwechselt wurden; denn sie ist nur daraus verständlich, dass ein Präparat verwendet wurde, das gar kein Pepton enthielt.

Wenz sättigte die Pepton-Albumosemischung mit neutralem schwefelsauren Ammoniak, wodurch die Albumosen sämtlich gefällt wurden, während die Peptone in Lösung blieben. [Das

1) Verhandlungen des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. III, S. 286. 1886.

2) Pflüger's Archiv, Bd. XXXIV, S. 330.

salzgesättigte Filtrat färbte sich nach reichlichem Zusatz konzentrierter Natronlauge mit Kupfersulfat intensiv rot.] Darauf entfernte er das schwefelsaure Ammoniak durch Sieden mit kohlensaurem Baryt und erhielt dann nach genauer Zersetzung des Barytpeptons mit Schwefelsäure reines Pepton. Wenn Kühne angibt, nur das durch Trypsinverdauung erhaltene Pepton könne Anspruch auf Reinheit machen, so könnte es scheinen, als ob das von Kistiakowsky (l. c.) dargestellte Pankreaspepton ein reines Präparat gewesen sei; dem steht aber die Angabe Kistiakowsky's, dass der Geschmack seines Peptons angenehm und etwas süsslich gewesen sei, entgegen. Denn nach Kühne zeichnen sich die Peptone, als Produkte weiter vorgeschrittener Verdauung, durch einen widerwärtigen, an Erbrochenes erinnernden Geschmack aus. Und in einer späteren Arbeit kommen Kühne und Chittenden[1]) zu dem Schluss: „Während die genuinen Albumine und Albumosen so gut wie keine Geschmacksempfindung erregen, um so weniger, je reiner sie sind, scheint es, als ob die Peptone zu den widerlichst schmeckenden Körpern gehörten."

Auch Zuntz[2]) hebt diesen bitteren Geschmack der reinen Peptone hervor, und zwar, meint er, trete derselbe um so intensiver hervor, je mehr man es von Salzen und anderen Verunreinigungen befreie.

Weyl[3]) sagt, das Pepton schmecke um so schlechter, je reiner es dargestellt werde, und je gehaltreicher die Peptonlösung sei.

Krukenberg[4]) führt diesen Angaben gegenüber an, dass die von ihm dargestellten wahren Peptone (Hemipeptone) nur einen faden Geschmack hätten, dagegen nicht die Vorstellung nach Erbrochenem erweckten, nichts von Bitterkeit besässen und durchaus geruchlos seien.

Wir müssen hier noch kurz jener Peptonpräparate gedenken, welche von der chemischen Industrie in den Handel gebracht und zum Teil als wertvolle Nahrungsmittel, insbesondere als diätetische

---

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. XXII.

2) Pflüger's Archiv, Bd. XXXVII, S. 313.

3) Weyl, Berl. klin. Wochenschrift. 1886. Nr. 15.

4) Krukenberg, Chem. Untersuchungen zur wissenschaftl. Medizin. I. Heft. 1886.

Hülfen in der Krankenernährung empfohlen wurden. Die meisten dieser Präparate führten den Namen „Pepton" nichts weniger als mit Recht; denn sie bestanden entweder ausschliesslich aus Albumosen oder enthielten nur ganz geringe Mengen von Pepton.

Kühne[1]) untersuchte eine Reihe solcher sog. Peptone und fand bei dem Pepton von Grübler, welches als „frei von Propepton" bezeichnet wurde, dass es reich an Albumosen (Propepton) sei, dagegen nur Spuren von Pepton enthalte.

Das Pepton von Sanders-Ezn enthielt Antipepton und liess sich als ein durch Pankreasverdauung bereitetes Produkt erkennen.

Das Pepton von Witte enthält nur Spuren von Pepton, reichlich Albumosen, zu deren Reindarstellung es sich vorzüglich eignet.

In den Fleischpeptonen von Kemmerich und Kochs endlich fand sich „keine Spur Pepton".

„Im allgemeinen", so fasst Kühne sein Urteil zusammen, „kann man sich bei der Beurteilung der käuflichen Peptone schon durch den Geschmack leiten lassen, da die wesentlich aus Albumosen bestehenden nicht den widerwärtigen, an Erbrochenes erinnernden Geschmack besitzen".

Die Peptone im Kühne'schen Sinne sind löslich in Wasser, werden durch Hitze nicht coaguliert und durch Salpetersäure, Kupfersulfat, Ammoniumsulfat und eine Anzahl anderer Fällungsmittel der Eiweisskörper nicht niedergeschlagen Durch Alkohol werden sie gefällt, aber nicht coaguliert. Sie werden vollständig (?) ausgefällt durch Tannin, Kaliumquecksilberjodid, Phosphormolybdänsäure, Phosphorwolframsäure und Pikrinsäure[2]).

Pollitzer[3]) war der erste, der Pepton genau nach der Vorschrift Kühne's bereitete und damit Ernährungsversuche anstellte. Er fütterte eine $3^1/_2$ kg schwere Hündin abwechselnd mit Albumosen, Pepton, Fleisch und Leim und einer stickstofffreien Kost, bestehend aus Reisstärke und Schmalz. Das Tier setzte mit Ausnahme der Leimperiode fortwährend Fleisch an und nahm

1) Verhandlungen des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. III, S. 286. 1886.

2) Halliburton-Kaiser, Lehrbuch der chem. Physiologie und Pathologie. 1893. S. 136.

3) Pflüger's Archiv, Bd. XXXVII, S. 301.

dementsprechend an Gewicht zu. Er folgert daraus, dass Pepton und Albumosen etwa denselben Nährwert haben wie Fleisch, dass dagegen eine äquivalente Menge Gelatine einen erheblichen N-Verlust bedinge. Gegen diesen Versuch lässt sich mancherlei einwenden; einmal war die Peptonperiode nur zwei Tage lang, also viel zu kurz, um für den Versuch beweisend zu sein; weiter gibt Pollitzer selbst an, dass an den Peptontagen ein diarrhoischer Kot entleert wurde, welchen er zwar nicht dem Pepton zuschrieb, der aber immerhin die Ursache gewesen sein dürfte, dass die Fütterung mit Pepton nicht fortgesetzt wurde, und der beweist, dass das Pepton reizend auf die Schleimhaut des Magen-Darmkanales einwirkte.

In neuerer Zeit versuchte Gerlach[1]) noch einmal, Hunde mit reinem Pepton zu füttern. Das zu diesem Zwecke verwendete Pepton stellte er dar aus reinem Fibrin durch Verdauung mit Trypsin-Sodalösung; es hatte einen N-Gehalt von 16,15°/₀. Der Versuch misslang: der Hund, der eine aus 18,5 g Pepton und stickstofffreien Stoffen bestehende Nahrung erhielt, erbrach sie nach kurzer Zeit. Einem zweiten Tier, das nur 10 g Pepton erhielt, erging es nicht besser. Bei einem dritten Hund endlich stellte sich zwar nach Darreichung von 15 g Pepton kein Erbrechen ein, er erkrankte aber bereits „nach 24 Stunden an heftigen Diarrhöen, mit welchen einmal nicht unbeträchtliche Mengen Blutes abgingen“.

Diese letzten Versuche fielen in das Jahr 1891. Zehn Jahre vorher gab Voit[2]) sein Urteil über die Peptone im älteren Sinne ab, das auch jetzt noch im vollsten Masse für die Kühne'schen Fibrinpeptone zutrifft. Dasselbe lautet: „Ueber den Stoffumsatz im Körper unter dem Einflusse des Peptons liegen nur einige wenige Untersuchungen vor, welche keinen sicheren Entscheid brachten. Dieselben bieten deshalb grosse Schwierigkeiten dar, weil ganz reines Pepton nur schwer in genügender Menge zu Ernährungsversuchen an grösseren Hunden herzustellen ist und die Tiere dadurch leicht Diarrhöen bekommen, auch die ungewohnte, bitter schmeckende Speise zu verzehren verweigern. Ich halte es für unmöglich, ausschliesslich so viel Pepton, selbst

---

1) Gerlach, Die Peptone u. s. w. Hamburg 1891. S. 64.

2) Voit, l. c. S. 120.

wenn es im Uebrigen völlig die Bedeutung des Eiweisses haben sollte, zu geben, dass dabei ein Tier kein Eiweiss und kein Fett mehr vom Körper verliert". Es ist auch heute noch nicht sicher durch Stoffwechselversuche entschieden, ob das Pepton im Tierkörper vollkommen die Rolle des Eiweisses übernimmt und vollständig in Eiweiss zurückverwandelt wird. Denn die Versuche vor Publikation der Kühne'schen Arbeiten wurden nicht mit reinen Peptonen angestellt, und die in neuerer Zeit mit solchen ausgeführten sind teils, wie der von Pollitzer, nicht beweisend, teils, wie die von Gerlach, misslungen. Und wenn Voit von den Peptonen im älteren Sinne sagt, dass sie als stickstoffhaltige Nährstoffe neben Eiweiss wohl Verwendung finden könnten, da sie die vorzüglichsten Eiweissschützer seien, sofern sie leichter als Eiweiss und stets vollständig zersetzt würden, so kann ein gleiches Verhalten auch von den Fibrinpeptonen im modernen Sinne vorausgesetzt werden, aber bewiesen ist es bis jetzt nicht.

Auch Zuntz[1]) meint, dass das Pepton im Kühne'schen Sinne niemals Aussicht haben dürfte, als Nahrungsstoff in Betracht zu kommen, da es durch seinen intensiv bitteren Geschmack für den Menschen fast ungeniessbar werde.

Es ist durch Versuche Kühne's festgestellt, dass Fibrin, mit Pankreas bei 40—45° digeriert, einen unerträglichen Geruch entwickelt, welchen Kühne anfänglich[2]) auf die Entstehung von Naphtylamin zurückführte, später aber auf Grund der Untersuchungen von Radziejewsky[3]), Jaffé[4]), Nencki[5]) und ihm selbst[6]) als durch Indol hervorgerufen erkannte. Und vielleicht ist auch der den Fibrinpeptonen Kühne's anhaftende widerwärtige Geschmack ebenfalls durch basische Produkte sekundärer Zersetzungen bedingt.

Neuere Stoffwechseluntersuchungen haben erwiesen, dass der Eiweissbedarf des tierischen Organismus früher in der Regel zu hoch geschätzt wurde. Dieser Irrtum beruhte auf der alten Liebig'

---

1) Pflüger's Archiv, Bd. XXXVII, S. 313.
2) Arch. f. path. Anat., Bd. XXXIX, S. 165.
3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870. S. 37.
4) Pflüger's Archiv, Bd. III, S. 448.
5) Ber. d. d. chem. Ges., Bd. VII, S. 1593.
6) Ber. d. d. chem. Ges., Bd. VIII, S. 206.

schen Doktrin, welche das Eiweiss als organbildende Substanz betrachtete und die Kohlenhydrate als wärmebildende Nährstoffe. Heute haben wir darüber andere Anschauungen gewonnen. Wir wissen, dass man durch zu reichliche Eiweissnahrung die N-Ausscheidung des Körpers, d. h. den Eiweisszerfall steigert, und dass man durch reichliche Fett- oder Kohlenhydratzufuhr das Eiweissbedürfnis des Organismus ganz ausserordentlich herabdrücken kann. Diese Ergebnisse beziehen sich auf Gesunde, dürfen aber doch auch mit einiger Berechtigung auf Kranke übertragen werden. Hieraus ergiebt sich, wie schwer es sich gegenwärtig beurteilen lässt, ob wir einem Kranken dadurch einen wesentlichen Nutzen schaffen, dass wir ihn vorwiegend mit Eiweiss ernähren. Im allgemeinen scheint es ebenso wichtig, ihm Fette und Kohlenhydrate zuzuführen (Leyden)[1]). Nun hat Voit gezeigt, dass wir in dem Leim einen Nahrungsstoff besitzen, der in weit höherem Grade Eiweiss ersparend wirkt als Fett und Kohlenhydrate; denn 100 Teile Leim ersetzen 50 Teile Eiweiss. Die eiweisssparende Wirkung ist in der Weise zu erklären, dass der Leim im Organismus leichter zersetzt wird als das Eiweiss und so dieses vor dem Zerfall schützt. Aus dem folgenden tabellarischen Auszug aus den Versuchen Voit's ist dies ersichtlich[2]).

Nahrung pro Tag				Fleisch	
Fleisch	Leim	Fett	Zucker	zersetzt	am Körper
400	0	200	0	450	— 50
400	0	0	250	439	— 39
400	200	0	0	356	+ 44

Ferner hat Nencki[3]) nachgewiesen, dass bei der Fäulnis von Glutin verschiedene Körper, die bei der Zersetzung von Fibrin entstehen, nicht gebildet werden, so Tyrosin und Indol. Wenn nun die unangenehmen Eigenschaften der Fibrinpeptone, von denen wir bereits gesprochen haben, den spezifischen Zersetzungsprodukten des Fibrins zuzuschreiben sind, so dürfte wohl der Schluss gerecht-

1) Leyden, Ueber künstl. Nährpräparate. Deutsche med. Wochenschr. 1890. Nr. 48, S. 1081.

2) Hammarsten, Lehrbuch der physiol. Chemie, S. 385.

3) Nencki, Ueber die Zersetzung der Gelatine und des Eiweisses bei der Fäulnis mit Pankreas. Bern 1876.

fertigt sein, dass die Leimpeptone frei von diesen Eigenschaften sind. Und in der That hat sich das, wie ich noch mitteilen werde, bestätigt.

Am Krankenbett wird man wohl selten gezwungen sein, von der Darreichung von Eiweiss überhaupt absehen zu müssen; geringe Mengen von Eiweiss, sei es in Form von Milch, von gut geschabtem oder auch schmackhaft gebratenem Fleisch wird in der Regel auch ein kranker Magen verdauen und ausnützen können. Fügen wir nun zu diesen geringen Mengen von Eiweiss, neben stickstofffreien Stoffen, noch Leim, und zwar in einer Form, die den Magen seiner verdauenden Thätigkeit enthebt und keine reizende Wirkung auf die Schleimhaut ausübt, nämlich als Leimpepton, so werden wir mit einer solchen Nahrung auch da noch das Stickstoffgleichgewicht erhalten oder wenigstens einen beträchtlichen Eiweissverlust verhüten können, wo die Zuführung einer dem Bedarf entsprechenden Eiweissmenge nicht mehr vertragen wird.

Ich möchte an dieser Stelle noch eines Körpers Erwähnung thun, über welchen die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, ich meine das Tyrosin. Bekanntlich liegt ein wesentlicher chemischer Unterschied zwischen Eiweiss und Leim darin, dass bei der Zersetzung des letzteren kein Tyrosin entsteht, welchem Umstande es ja auch zugeschrieben wird, dass Leim nicht die Millon'sche Reaktion gibt; die Anwesenheit der Tyrosin bildenden Gruppe im Eiweiss und in den eiweissartigen Substanzen scheint für das Zustandekommen dieser Reaktion ein unbedingtes Erfordernis zu sein.[1]) Hermann glaubte nun, Eiweiss könne sich im Organismus aus Leim bilden bei gleichzeitiger Aufnahme von Tyrosin, und wirklich schienen auch Versuche von Escher[2]) diese Annahme zu bestätigen, da das Körpergewicht seines Versuchstieres bei Verfütterung von Leim + Tyrosin entweder zunahm oder doch zum wenigsten weniger abnahm als bei alleiniger Fütterung mit Leim. Versuche von Lehmann[3]) hingegen ergaben ein negatives Resultat, da Ratten bei einer Nahrung, bestehend aus Leim,

1) Krukenberg, l. c. S. 37, Anm. 3.

2) L. Hermann u. Th. Escher, Vierteljahrsschrift d. naturforsch. Ges. in Zürich 1876, S. 36.

3) Lehmann, Sitzungsber. der Ges. f. Morphol. u. Physiol. in München 1885.

Reisstärke, Butterschmalz, Fleischextrakt, Knochen und Tyrosin „ungefähr gleich schnell“ verendeten wie Ratten, welche dieselben Stoffe ohne Tyrosin erhalten hatten.

Wenn nun aber Ferd. Klug[1]) meint, diese Versuche zeigten, „dass wenigstens Ratten keine Eiweisssynthese aus Leim und Tyrosin auszuführen vermögen“, und daran anschliesst: „Da eine Ueberführung des Leimes in Eiweiss nur auf dem Wege der Synthese möglich ist, ähnliche Vorgänge aber im tierischen Organismus bis jetzt nicht beobachtet wurden, so ist dieselbe auch höchst unwahrscheinlich“, so widerspricht er sich einmal, da er mit der Wendung, „dass wenigstens Ratten keine Eiweisssynthese auszuführen vermögen“, immerhin noch die Annahme zulässt, dass andere Tiere oder auch Menschen eine solche Synthese wohl auszuführen vermögen. Zweitens aber irrt er, wenn er behauptet, im tierischen Organismus fänden keine Synthesen statt; denn wir kennen eine ganze Reihe synthetischer chemischer Prozesse. Oder was ist die Bildung von Hippursäure aus Glykokoll und Benzoësäure, die Bildung der gepaarten Schwefelsäuren und Glykuronsäuren, die Entstehung von Glykogen aus Zucker (im Sinne der Anhydridtheorie) anderes als eine Synthese!

Es ist also noch immer eine offene Frage, ob diese Eiweisssynthese nicht wirklich zustande kommt oder gegebenen Falls unter günstigen Umständen, sei es beim Tiere, sei es beim Menschen, zustande kommen kann.

Das wissenschaftliche Urteil über den Nährwert des Leimes und der leimgebenden Substanzen ist im Laufe der letzten 100 Jahre den seltsamsten Wandlungen unterworfen gewesen. Als[2]) im Jahre 1682 Dionys Papin mit seinem nach ihm benannten Digestor aus Knochen Leim ausgezogen und mit einer aus diesem Extrakt bereiteten Suppe Arme gespeist hatte, glaubte man, da man das Lösliche für das Nahrhafte hielt, in dem Leim ein gutes Nahrungsmittel gefunden zu haben. Von dieser Zeit an ruhte die Frage, bis sie wieder in den Tagen der französischen Revolution Interesse gewann, weil man hoffte, durch den wohlfeilen Leim das Fleisch ersetzen und so die Nahrung des Volkes und der Soldaten verbessern zu können. Und da man damals bereits

---

1) Ferd. Klug, Ueber Verdaulichkeit des Leimes. Bonn 1890. Sep.-Abdr. a. d. Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 48.

2) Zeitschrift f. Biologie, Bd. VIII.; vgl. auch Voit, l. c. S. 396.

neben der Löslichkeit auch den Stickstoffgehalt einer Substanz als massgebend für deren Nährwert ansah, so galt der Leim für die einzige nährende Substanz des Fleisches und der Knochen. Trotzdem verbreitete sich der Gebrauch von Leim als Nahrungsmittel erst in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts. Wir begegnen ihm namentlich in Spitälern; so wurden z. B. im Hospital Saint-Louis in dem Zeitraum 1829—1838 nicht weniger als 2³/₄ Millionen Portionen Knochenleimsuppe verabreicht.

In diese Zeit fallen auch die ersten Fütterungsversuche mit Leim, die Versuche von Donné (1831) und von Edwards und Balzac[1]). Letztere fanden, dass Hunde, mit einer Suppe aus Brod, Gallerte und Wasser, in der Proportion wie sonst in einer guten Fleischbrühe, gefüttert, abmagerten und nach einigen Monaten starben; dass die Herabsetzung auf Brod und Wasser den Tod noch schneller herbeiführte, hingegen der Zusatz von frischer Fleischbrühe ihm vorbeugte. Sie schlossen daraus, dass die Gallerte zwar nahrhaft sei, aber für sich allein keine hinreichende Ernährung gewähre. Auch die Versuche von Magendie (1841) erwiesen, dass Tiere sich mit Leim allein nicht ernähren können. Allein diese Versuche wurden unrichtig gedeutet; denn auch mit gekochtem Eiweiss oder nur mit Stärkemehl oder nur mit Zucker kann man Tiere nicht am Leben erhalten, und doch wird Niemand den Wert dieser Substanzen als Nahrungsstoffe anzweifeln.

Im Jahre 1850 erklärte die Akademie der Medizin in Paris, die Gelatine übe nur eine belästigende Wirkung auf die Verdauungsorgane aus und könne in keiner Weise als Nahrungsmittel gelten[2]). Seitdem wurde der Leim für Ernährungszwecke wenig mehr verwendet; „nach den früheren Uebertreibungen seines Wertes, die ihn geradezu zu einer ausschliesslichen und wohlfeilsten Nahrung stempelten, erfolgte ein ebenso unberechtigter Rückschlag ins entgegengesetzte Extrem, wonach an ihm nichts Gutes mehr gelassen wurde und er sogar ein Gift sein sollte, obwohl wir doch in der gekochten, animalischen Kost nicht unbedeutende Menge von Leim verzehren“ [3]).

Mulder, Boussingault und Frerichs wiederum gelang-

---

1) Citiert nach Burdach, Physiologie als Erfahrungswissenschaft, Bd. VI, S. 213.

2) Voit, l. c. S. 393.

3) Voit, l. c. S. 393.

ten auf experimentellem Wege zu dem Resultat: der Leim erleide im Körper eine Metamorphose, wodurch er zu den Leistungen des Körpers beitrage, er müsse also ein Nahrungsmittel sein; eine vollständige Nahrung sei er nicht, könne es schon deshalb nicht sein, weil er keine Asche enthalte.

Aus Versuchen von Bischoff und Voit[1]) „ergab sich die wichtige Thatsache, dass der Leim den Verbrauch an stickstoffhaltiger Nahrung oder Körpersubstanz ansehnlich vermindert, und zwar der Art, dass der Körper sich bei Zusatz von Leim mit einer Eiweissmenge in der Nahrung erhält, mit der er bei reichlichem Zusatz von Fett nicht auskommt. Der Leim musste also nach dieser Erfahrung jedenfalls zu den Nahrungsstoffen gerechnet werden“.

Trotzdem diese Mitteilungen von Bischoff und Voit bereits in das Jahr 1860 fallen, begegnen wir doch noch in den erst 1865 veröffentlichten chemischen Briefen Liebig's[2]) einer Stelle, worin es heisst: „Es ist jetzt durch die überzeugendsten Versuche bewiesen, dass die an sich geschmacklose und beim Genusse Ekel erregende Leimsubstanz keinen Ernährungswert besitzt, dass sie, selbst begleitet von den schmackhaften Bestandteilen des Fleisches, den Lebensprozess nicht zu unterhalten vermag und als Zusatz zu der gewöhnlichen Lebensordnung den Ernährungswert der Speisen nicht erhöht, sondern im Gegenteil beeinträchtigt, unzureichend und unvollständig macht; dass ihr Genuss eher schädlich als nützlich ist“.

Heute ist durch die Versuche Voits auf das bestimmteste der Beweis erbracht, dass der Leim zwar für sich allein keine Nahrung, wohl aber ein höchst wertvoller Nahrungsstoff ist, der für die Ernährung eine sehr bedeutsame Rolle spielt, da er, mit stickstofffreien Stoffen und nur wenig Eiweiss gereicht, das Leben und die Leistungsfähigkeit des Organismus zu erhalten vermag.

Wir kommen nun zu der Frage: Welche Veränderungen erleidet denn der Leim bei der Verdauung? Wird er wie die Eiweisskörper verdaut oder als Leim wieder ausgeschieden, oder wird er auf irgend eine Weise im Organismus zerstört? Gar viel-

---

1) Bischoff u. Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860.

2) Liebig, Chem. Briefe. 1865. 32. Brief, S. 318.

fach haben auch in diesem Punkte die Ansichten der Forscher gewechselt.

Tiedemann und Gmelin[1]) sagen in ihrem oben erwähnten Werke: „Der Leim verliert seine Eigenschaft, Gallerte zu bilden. Er scheint nicht gerade in Eiweissstoff verwandelt zu werden“.

Funke[2]) ist der Ansicht, „der Magensaft übe auf keinen anderen organischen Nahrungsstoff ausser die Proteïnkörper und den Leimstoff eine verdauende Wirkung“.

Fick[3]) spricht sich folgendermassen aus: „Der Magensaft löst ausser den eiweissartigen Körpern auch den Leim. Eine eigentliche „Verdauung“ erleidet jedoch dieser Körper nicht. Denn der in Magensaft gelöste Leim zeigt alle Reaktionen des unveränderten Leims“.

Aehnlich Meissner[4]): „Ich habe auch Versuche über die Verdauung des Leims durch künstlichen Magensaft angestellt. Es wurde die feinste Gelatine benutzt, wie man sie zu Carmininjektionen verwendet. Die Angabe, dass Leim, wie die eigentlichen Eiweisskörper, bei der Verdauung verwandelt werde, kann ich nach jenen Versuchen nicht bestätigen“.

Lehmann[5]) hingegen schreibt: „Auffallend ist es, dass Glutin, Chondrin und das leimgebende Gewebe bei ihrer Verdauung im Magen in Stoffe umgewandelt werden, die in ihren physikalischen und den meisten ihrer chemischen Eigenschaften den Peptonen der Proteïnkörper vollkommen entsprechen“.

Auch Versuche von Metzler[6]) ergaben, „dass der Leim durch den Magensaft verändert wird, er gerinnt nicht mehr. Mit Wahrscheinlichkeit werden durch das Verdauen die endosmotischen Eigenschaften des Leims geändert“.

Nach einem später angestellten Versuche konnte Meissner[7]) seine früheren Angaben nur bestätigen; er fand, dass der Leim

---

1) l. c. S. 300.

2) Lehrbuch der Physiologie. II. Aufl. 1858. Bd. I, S. 269.

3) Fick, Comp. d. Physiologie d. Menschen.

4) Zeitschrift f. rat. Medizin. III. Reihe. Bd. VII, Heft I, S. 15.

5) Lehrbuch d. phys. Chemie. 1850. Bd. II, S. 52.

6) Metzler, Beiträge zur Lehre von d. Verdauung d. Leimes etc. Giessen 1860.

7) Zeitschrift für rat. Medizin. III. Reihe. Bd. XIV, S. 314.

bei der Digestion mit Magensaft seine Fähigkeit zu gelatinieren einbüsse, sein chemisches Verhalten aber nicht ändere, dass er „alle ursprünglichen Reaktionen behält und ein und dasselbe bleibt, während alle wahren Eiweisskörper in Peptone und Parapepton umgewandelt werden". Da das Glutin nicht gefällt wird durch gelbes Blutlaugensalz aus essigsaurer Lösung, nicht durch Säuren ausser Gerbsäure, nicht durch Alkali und Erdsalze u. s. w., so hält er es im allgemeinen für peptonähnlich, „und dem entspricht es denn auch, dass das Glutin durch Magensaft chemisch nicht weiter verändert wird, so wenig wie die einmal entstandenen Peptone".

Auch Schweder[1]) konnte durch seine Versuche nicht beweisen, dass dem Magensaft eine verdauende Wirkung auf Glutin zukomme; dagegen konnte er zeigen, dass Glutin durch Pankreassaft eine Veränderung erleide. Es gelang ihm nämlich, durch Verdauung des Leimes mit Pankreassekret einen Körper herzustellen, „der sämtliche Eigenschaften der Eiweisspeptone, vor allen Dingen auch die Fähigkeit der Diffusion, in ausgesprochener Weise besass, oder mit anderen Worten ein wohlcharakterisiertes Leimpepton".

Etzinger[2]), der auch Ernährungsversuche mit leimgebenden Geweben anstellte, bestätigte das Ergebnis Metzlers, dass der Leim durch künstliche Verdauung sein Gelatinierungsvermögen einbüsse.

Heute wissen wir, dass Leim, wenn er durch längeres Kochen mit Wasser, durch anhaltendes Digerieren mit verdünnten Säuren (Salzsäure) oder durch Einwirkung der verdauenden Fermente seine Fähigkeit zu gelatinieren einbüsst, einem hydrolytischen Prozess unterliegt, wie Eiweiss, wenn es peptonisiert wird, und dass schliesslich Leimpeptone aus ihm entstehen.

Was sind nun diese Leimpeptone? Haben wir unter ihnen echte Peptone im Sinne Kühne's zu verstehen, oder sind sie mehr den Albumosen resp. den Körpern zu vergleichen, die man früher fälschlich mit dem Namen „Peptone" belegte?

Halliburton[3]) scheint noch letzterer Ansicht zu sein, denn

---

1) Schweder, Zur Kenntnis der Glutinverdauung. Berlin 1867.

2) Zeitschrift für Biologie, Bd. X, S. 84.

3) Halliburton-Kaiser, Lehrbuch der chem. Physiologie u. Pathologie. Heidelberg 1893. S. 136.

er schreibt in seinem erst jüngst erschienenen Werke: „Die durch diese verschiedenen Prozesse gebildeten sog. Leimpeptone stehen in Wirklichkeit den Proteosen näher als den echten Peptonen. Sie werden durch Sättigung mit Magnesium- oder Ammoniumsulfat gefällt". Inwiefern diese Auffassung mit den neueren Forschungen in Widerspruch steht, will ich weiter unten nachweisen; zunächst soll auf die Frage eingegangen werden, inwieweit die Leimpeptone bezw. die Körper, die man unter diesem Namen zusammenfasste, in ihrer chemischen Zusammensetzung mit ihren Muttersubstanzen übereinstimmen. Wir haben oben gesehen, dass die Eiweisspeptone sich von ihren Muttersubstanzen durch einen geringeren Kohlenstoffgehalt unterscheiden, dass sie als Hydratationsprodukte derselben anzusehen sind. Vergleichen wir nun die Zusammensetzung der Leimpeptone mit der des Leims!

Ich folge hierbei zum Teil der vortrefflichen Arbeit Hofmeisters[1]). Goudoever war der erste, der ein Hydratationsprodukt des Leimes analysierte, nämlich einen Körper, den er durch 55-stündiges Kochen von Fischleim mit Wasser hergestellt hatte.

Er fand:

C	48,86 %
H	6,57 „
N	17,36 „
O	27,21 „

Die von Mulder und Fremy[2]) angegebenen Zahlen für Leim aus Hirschhorn resp. Knochen sind folgende:

	C	H	N	S+O	
Leim aus Hirschhorn:	49,31	6,55	18,37	25,77	(Mulder)
Leim aus Knochen:	50,00	6,50	17,50	26,00	(Fremy).

Nencki fand bei der Analyse seines durch Pankreasverdauung und Fäulnis erhaltenen und möglichst gereinigten „Leimpeptons" eine nicht unbeträchtliche Abweichung von der Muttersubstanz.

Hofmeister liess kochendes Wasser auf gut gereinigte d. h. fast aschefreie Gelatine einwirken und erhielt eine gelb gefärbte, schwach sauer reagierende Flüssigkeit, aus welcher er zwei Substanzen isolieren konnte: nämlich eine durch Platinchlorid fällbare, in 70—80%igem Alkohol unlösliche, die er Semiglutin nannte, und eine durch Platinchlorid nicht fällbare, in Alkohol leichter

1) Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. II. 1878/79.

2) Hammarsten, Lehrbuch der physiol. Chemie, S. 385 u. 31.

lösliche, für welche er den Namen Hemicollin vorschlug. Aus der Analyse ihrer Platin- resp. Kupfersalze leitete er für Semiglutin die Formel $C_{55}H_{85}N_{17}O_{22}$ mit einem Molekulargewicht von 1335, für Hemicollin die Formel $C_{47}H_{68}N_{14}O_{19}$ mit einem Molekulargewicht von 1132 ab.

Aus diesen Formeln berechnet sich die prozentische Zusammensetzung beider Substanzen, wie folgt:

	C	H	N	O
Semiglutin:	49,44	6,36	17,83	26,37
Hemicollin:	49,82	6,01	17,31	26,86.

Diese Analysen unterscheiden sich sehr von denen Nencki's, stimmen aber mit den von Goudoever angegebenen einigermassen überein. Bei weiterer Zersetzung ergaben beide Körper gleiche Produkte, nämlich Glycin und Leucin, so dass sie nicht in einem solchen Verhältnis zu einander zu stehen scheinen wie das Hemipepton zum Antipepton.

Für Glutin fand Hofmeister die Zusammensetzung:

C	50,31 %
H	6,20 „
N	17,84 „
O	25,65 „

Die beiden oben beschriebenen Körper Hofmeister's unter scheiden sich also vom Glutin nur durch einen um etwas geringeren C-Gehalt, während ihr N-Gehalt fast der gleiche ist wie in der Muttersubstanz. Der Unterschied in dem Kohlenstoffgehalt ist aber so gering, dass man unmöglich diese Körper bereits für die Endprodukte der Leimverdauung ansehen kann; es liegt im Gegenteil der Gedanke nahe, dass wir es hier mit Zwischenstufen ähnlich den Albumosen zu thun haben.

Klug[1]), der durch Versuche zeigte, „dass der Leim durch Magensaft und Bauchspeichel rasch verdaut wird“, hat nun einige der Zwischenstufen zwischen Leim und Leimpeptonen dargestellt und analysiert. Er benutzte Magensaft, der genau nach der Vorschrift von Kühne und Chittenden[2]) bereitet war, und erhielt bei der Verdauung des Leimes einen Körper, der durch schwefel-

1) Ferd. Klug, Ueber Verdaulichkeit des Leimes. Bonn 1890. Sep.-Abdr. a. d. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 48.

2) Zeitschrift für Biologie Bd. 22.

saures Ammoniak gefällt werden konnte, und welchen er, um die Analogie mit den Albumosen anzudeuten, „Glutose“ nannte. Bei der Analyse fand er ihn kohlenstoffärmer und wasserstoffreicher als das Glutin; er sieht ihn demnach als „Hydrat des Leimes“ an. Neben der Glutose entstand, vielleicht durch Abspaltung aus dem Leim, ein Körper, der bedeutend reicher an Kohlenstoff und ärmer an Stickstoff war als das Ausgangsmaterial; Klug bezeichnet ihn mit „Apoglutin“.

Durch Pankreasverdauung des Leimes stellte Klug ferner eine in Alkohol und Aether unlösliche, in Wasser sehr leicht lösliche Substanz dar, die er für das Endprodukt der Leimverdauung hält und Glutinpepton nennt; auch hierbei erhielt er gleichzeitig Apoglutin oder doch ein dem Apoglutin sehr ähnliches Nebenprodukt. Dass aber dieses Glutinpepton kein echtes Pepton war, sondern entweder ein weiteres Zwischenprodukt zwischen dem wirklichen Pepton und der Glutose oder ein durch irgendwelche anderen Substanzen verunreinigtes Präparat, geht schon daraus hervor, dass es aus seinen Lösungen durch schwefelsaures Ammoniak vollständig gefällt werden konnte. Ausserdem fand Klug bei der Analyse seines Glutinpeptons Kohlenstoffzahlen, die grösser waren als die für die Muttersubstanz gefundenen, was sich nicht mit den bis heute giltigen Lehren Kühne's und Chittenden's (s. o.) vereinbaren lässt. Die Werte sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

		Produkte der Magen-		u. der Pankreasverdauung	
	Glutin	Glutose	Apoglutin	Apoglutin	Glutino-pepton
C	42,75	40,06	48,39	49,11	42,95
H	7,00	7,02	7,50	8,48	7,18
N	15,61	15,86	14,02	11,65	15,89
O + S	34,64	37,06	30,09	30,76	33,98

Nicht viel glücklicher war Gerlach[1]) bei der Reinigung und Isolierung seiner Leimpeptone, die er teils durch Pepsin-, teils durch Trypsinverdauung dargestellt hatte. Auch seine Präparate

1) Gerlach, Die Peptone u. s. w. Hamburg 1891. S. 64.

unterscheiden sich in ihrem Kohlenstoffgehalte nur wenig von der Muttersubstanz, wie aus nachstehender Tabelle hervorgeht.

	Leim	Leimpepton durch Pepsin-verdauung	Leimpepton durch Trypsin-verdauung
C	49,54	48,97	49,17
H	6,33	6,505	6,87
N	17,71	17,67	17,69

Auffallend ist, dass Gerlach durch Pepsinverdauung, bei welcher doch nach Kühne fast nur Vorstufen der eigentlichen Peptone entstehen, Körper mit geringerem C-Gehalt erhielt als durch Trypsinverdauung. Sein mit Pepsin dargestelltes „Leimpepton“ muss man als ein den Albumosen analoges Verdauungsprodukt auffassen, die Eigenschaften des Präparates, z. B. seine Fällbarkeit durch HNO_3 + NaCl, sprechen dafür; über die für die Charakterisierung des Präparates wichtigste Reaktion, nämlich über sein Verhalten zu Ammoniumsulfat, findet sich leider keine bestimmte Angabe. Aber Gerlach verwahrt sich ausdrücklich dagegen, dass seine „Leimpeptone“ etwa als Zwischenstufen aufgefasst werden, und hält die durch Pepsin- und die durch Trypsinverdauung gewonnenen Körper für einander vollkommen gleich. „Es lag nahe bei der Verdauung des Leimes nach Zwischenprodukten zu suchen, welche etwa den Albumosen entsprächen. Zu dem Ende wurde eiweissfreier Leim der peptischen Verdauung nur während kurzer Zeit (fünf bis sieben Tage lang) unterworfen. Während ich in einem Fall den Eindruck empfing, als ob solche Zwischenprodukte beständen, d. h. als ob nicht die gesamte Leimmenge aus der Verdauungsflüssigkeit ausgefällt worden sei, überzeugte ich mich doch durch zahlreiche Versuche, dass dem nicht so sei, dass vielmehr bei wirklicher Sättigung der betreffenden Verdauungslösung mit schwefelsaurem Ammon das Filtrat auch nicht die Spur einer Biuretreaktion oder Violettfärbung mit NaHO + $CuSO_4$ mehr gibt. Aber auch die tryptische Verdauung des Leimes ergab nur Präparate, welche sich vollständig gleich verhalten den bei der Pepsinverdauung gewonnenen .....“ Es ist nicht einzusehen, wie daraus, dass „die gesamte Leimmenge aus

der Verdauungsflüssigkeit“ durch Ammoniumsulfat ausgefällt werden konnte, die Abwesenheit von Zwischenprodukten d. h. von Vorstufen des Leimpeptons gefolgert werden muss.

Die Ernährungsversuche, die Gerlach mit seinen Leimpeptonen anstellte, ergaben, dass „Leimpepton“ allein nicht im Stande ist, die gesamte Eiweissmenge der Nahrung zu ersetzen, dass es jedoch ein gutes Sparmittel ist, welches einen hohen Prozentsatz des Eiweisses in der Nahrung vertreten kann. Da aber seine Präparate ebenfalls nicht Peptone im Kühne'schen Sinne waren. so beweisen seine Versuche nichts gerade für die Frage, um derentwillen sie angestellt wurden.

Die Frage, ob auch bei der Verdauung des Leimes erst Produkte entstehen, die als Zwischenstufen zwischen diesem und den eigentlichen Peptonen anzusehen sind, ist also noch wenig geklärt, und soviel ich aus der Litteratur ersehen konnte, ist auch in der neuesten Zeit kein weiterer Versuch zu ihrer Lösung gemacht worden. Dagegen liegen exakte und erfolgreiche Untersuchungen über die Peptonisierung des Leimes durch Säurewirkung vor.

Wie bei Verdauung durch Pankreas, so zerfallen auch bei anhaltender Einwirkung starker Säuren die Eiweissstoffe schliesslich in eine Reihe einfacherer, zum Teil wohlbekannter Verbindungen, insbesondere in Amidosäuren; bei passend gemässigter Säurewirkung kommt es jedoch nicht zum völligen Zerfall des Eiweisses, sondern, wie Kühne zeigte, zur Bildung von Peptonen. Daraus nun, dass Glutin, wie die Arbeiten von Horbaczewsky, Gaethgens und Tatarinoff dargethan haben, durch längeres Kochen mit Säuren in Ammoniak, Glykokoll, Alanin, Leucin u. s. w., also in ähnlicher Weise wie Eiweiss zerfällt, folgerte Paal[1]), dass bei weniger energischem Eingriff aus Glutin ebenso wie aus Eiweiss Peptone entstehen müssten, und „von der Annahme ausgehend, dass die durch Einwirkung von Säuren auf Proteïnstoffe entstehenden Peptone in Form ihrer Salze im Reaktionsprodukt enthalten sein müssen“, liess er Halogenwasserstoffsäure sowie Schwefelsäure auf Glutin einwirken. „Bei diesen Versuchen sellte sich bald heraus, dass in der That Peptonsalze gebildet werden und dass es auch leicht gelingt, dieselben auf Grund ihrer eigentümlichen Löslichkeitsverhältnisse zu isolieren“. Je nach der längeren oder kürzeren

1) Ueber die Peptonsalne des Glutins. Ber. d. Deutsch. chem. Gesellschaft. Jahrg. XXV. S. 1202.

Dauer der Einwirkung von HCl erhielt Paal Produkte von höherem oder niedrigerem Salzsäuregehalt; erstere konnten als wahre Kühne'sche Peptone aufgefasst werden, da sie durch Ammonsulfat nicht aus ihrer Lösung gefällt wurden, während die Produkte mit geringerem Salzsäuregehalt, die durch Ammonsulfat mehr oder minder vollständig niedergeschlagen wurden, den Albumosen zu vergleichen waren; diese letzteren könnte man, wenn man die von F. Klug vorgeschlagene Bezeichnung anwenden will, Glutosen nennen. Bei der Analyse ergaben die durch Ammonsulfat fällbaren Körper, wie zu erwarten, einen weit höheren Kohlenstoffgehalt als die Peptone, aber es zeigte sich auch auffallender Weise bei mehreren Präparaten ein höherer Kohlenstoffgehalt als bei der Gelatine, aus der sie dargestellt worden waren. Ich lasse hier aus der Fülle analytischer Belege, welche die Arbeit von Paal bietet, drei Analysen folgen, eine Analyse von gereinigter Gelatine (Glutin) und zwei von Peptonchlorhydraten.

		Peptonsalze	
HCl		10,47 %	13,53 %
	Glutin	freie Peptone	
C	50,14 %	50,37 %	48,05 %
H	6,69 „	7,18 „	7,27 „
N	18,12 „	17,52 „	—
S	0,57 „	—	—

Die Analyse des Glutins stimmt mit der von Fremy (s. S. 26) angegebenen ziemlich gut überein. Dass die „Peptone“ mit niedrigem Salzsäuregehalt mehr Kohlenstoff ergaben als das Glutin, erklärte sich daraus, dass „die Präparate ätherartige Verbindungen enthalten, welche beim Erwärmen mit Natronlauge Alkohol abspalten“. Die Bedingungen für die Entstehung solcher Verbindungen waren durch die wiederholte Anwendung von Alkohol bei der Aufarbeitung der stark salzsauren peptonhaltigen Flüssigkeiten gegeben.

Sämtliche Präparate mit einem HCl-Gehalt von 12—13% können als Salze der eigentlichen Peptone nach der Definition Kühne's angesehen werden. Diese reinen Leimpeptone sind es, die von vornherein das physiologische Interesse in hohem Grade in Anspruch nehmen mussten. Zunächst galt es ihren Nährwert festzustellen. Zur Lösung dieser Frage habe ich auf Anregung und unter Leitung

des Herrn Dr. O. Schulz, Assistenten am physiologischen Institut, die im folgenden beschriebenen Fütterungsversuche durchgeführt.

Es sollte in erster Linie festgestellt werden, ob es überhaupt gelinge, ein Tier mit dem salzsauren Glutinpepton im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten, wenn ihm daneben eine ungenügende N-Nahrung in Form von Fleisch gereicht würde, und zweitens, inwieweit der Stickstoff des Fleisches durch den des Glutinpeptons ersetzt werden könne.

Durch die Güte des Herrn Professor Dr. C. Paal wurde mir ein Präparat zur Verfügung gestellt von der Zusammensetzung:

C 41,9 %
H 6,3 „
N 15,0 „
HCl 13,34 „

d. i. auf die freien Peptone berechnet:

C 48,35 %
H 7,27 „
N 17,31 „

Der hohe Salzsäuregehalt bürgte für die Reinheit des Präparates. Was den Stickstoffgehalt betrifft, so konnte ich durch Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl niemals den durch Elementaranalyse ermittelten Wert erreichen, sondern nur einen um 1, ja sogar um 2 % kleineren. Aehnlich niedrige Zahlen ergaben auch die gleichfalls im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten Analysen von F. Heubach[1]), der darüber schon berichtet hat. Worauf diese Differenz zurückzuführen, konnte nicht festgestellt werden. Ich habe bei sämtlichen Berechnungen unter Nichtbeachtung der nach Kjeldahl erhaltenen Stickstoffwerte einen Stickstoffgehalt von 15 % für das Peptonchlorhydrat zu Grunde gelegt.

Als Versuchstier wurde ein männlicher Hund von ca. 6000 g Körpergewicht benutzt, der schon früher zu ähnlichen Versuchen gedient hatte. Sein Futter, mit wenigen Ausnahmen die ganze Tagesration, erhielt er stets mittags, und zwar ausserhalb des Käfigs; nur an 6 Tagen, wie weiter unten noch angegeben werden wird, verfütterte ich Mittags etwa die Hälfte und erst nach Verlauf mehrerer Stunden den Rest der Tagesration. Während er frass, wurde

1) Heubach, Ueber Infusionen von C. Paal'schem salzsauren Glutinpepton in die Blutbahn. Sitzgsber. d. physik.-med. Societät in Erlangen. 25. Heft, S. 98.

der Käfig, ein Zinkblechkasten mit beweglichem, in der Mitte nach unten gewölbtem, durchlöchertem Boden, und die Schale, in welche der Harn ablief, mit Hilfe der Spritzflasche gründlich ausgespritzt. Ein Teil des an den Wandungen des Käfigs eingetrockneten Harns konnte so wiedergewonnen werden; desgleichen wurde so verhindert, dass Harn vom vorhergehenden Tage sich mit frischem vermischte.

Der Kot des Hundes war während der ganzen Versuchsreihe stets so fest, dass er, ohne auch nur eine Spur am Boden des Käfigs zu hinterlassen, weggenommen werden konnte.

Es versteht sich von selbst, dass bei der täglichen Fütterung und Wägung des Hundes — letztere geschah ebenfalls Mittags, kurz vor der Fütterung — mit der grössten Sorgfalt verfahren wurde, so dass es dem Tier unmöglich war, Harn und Kot anderswo als in seinem Käfig zu entleeren.

Wenn trotzdem kleine Mengen von Harn und damit von dem uns interessierenden Harn-Stickstoff verloren gingen, insbesondere das, was an den Haaren des Tieres haften blieb, so dürfte dieser Verlust einmal ziemlich gering sein, andererseits auch für unsere Untersuchung weniger in Betracht kommen, da er doch täglich wiederkehrte und so die Analysen der Ausscheidungen nicht einseitig zum Nachteil der Fleisch- oder der Peptonperiode beeinflussen konnte. Den gesamten Stickstoff im Harn und Kot wiederzufinden gelingt ja auch in dem auf das sorgfältigste unter allen möglichen Kautelen ausgeführten Stoffwechselversuche nicht, da stets Spuren von Stickstoff durch die Haut und mit abgestossenen Epithelien, Haaren und Nägeln den Organismus verlassen. Begnügen wir uns also, wenn das Defizit sich innerhalb der gewöhnlichen Fehlergrenzen bewegt.

Die Bestimmung des Stickstoffs im Harn bezw. des Harnstoffs wurde nach der von Pflüger[1]) verbesserten Liebig'schen Titriermethode ausgeführt.

Der Stickstoff der Nahrung und des Kotes wurde nach der Methode von Kjeldahl-Wilfarth mit der Modifikation von Argutinsky[2]) bestimmt.

Um mich zu vergewissern, dass wirklich nach der von Pflüger

1) Pflügers Archiv, Bd. XXI. — Schotten, Kurzes Lehrbuch der Harnanalyse.

2) Pflügers Archiv, Bd. XLVI, S. 581.

angegebenen Methode der gesamte Stickstoff des Harns gefunden werde, habe ich einige Stickstoffbestimmungen zugleich noch nach Kjeldahl ausgeführt; dabei ergab sich das erfreuliche Resultat, dass die nach beiden Methoden erhaltenen Werte so wenig von einander abwichen, dass die Differenz bei der Berechnung kaum in Betracht kommen würde. Ich werde unten bei den analytischen Belegen einige Beispiele hierfür anführen.

Der Harn wurde fast immer sogleich nach Schluss des 24stündigen Tages, während dessen er entleert worden war, der Analyse unterworfen; falls dies jedoch aus äusseren Gründen nicht geschehen konnte, wurde er zur Verhütung der Gärung auf ca. 80° erhitzt und blieb sodann an einem kühlen Orte bis zum nächsten Tage stehen. Da ich den Hund nicht katheterisierte, so mussten begreiflicherweise die Tageswerte für die Stickstoffausscheidung innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwanken, und für die Beurteilung der Stickstoffbilanz konnte keiner der einzelnen Werte, sondern nur der Durchschnitt aus sämtlichen Tageswerten einer ganzen Periode massgebend sein.

Die bei den Stickstoffbestimmungen des Fleisches gefundenen Zahlen stimmen vollkommen mit den von Voit[1]) angegebenen überein. Das Mittel aus mehreren Analysen war bei meinen Bestimmungen (s. unten analytische Belege) 3,44 %; Voit fand 3,4 %, Adamkiewicz[2]) 3,86 % N.

Der Kot wurde sofort nach der Entleerung gewogen, getrocknet, gepulvert und durch ein feines Sieb geschickt. Das Durchsieben war deshalb notwendig, weil dem Kot viel Haare beigemengt waren, welche bei der Stickstoffbestimmung kleine Ungenauigkeiten herbeigeführt hätten.

Zur Analyse kamen Durchschnittsproben des Gesamtkotes von jeder Periode. Nur von der ersten Fleischperiode wurde der zuerst entleerte Kot für sich analysiert. Der Stickstoffgehalt des Fleischkotes war nicht konstant, er betrug bei den vier analysierten Proben 6,2 — 5,37 — 6,63 — 5,34 %.

Bischoff und Voit[3]) fanden im Fleischkot durchschnittlich 6,5 % N.

---

1) Voit, Zeitschrift für Biologie, Bd. I. S. 96.

2) Adamkiewicz, Natur und Nährwert des Peptons, S. 86.

3) Bischoff und Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860.

Die Angaben der beiden Forscher, die Beschaffenheit des Kotes betreffend, kann ich nur bestätigen. Bischoff und Voit schreiben nämlich in ihrem bereits genannten Werke: „Der Fleischkot ist dunkelschwarz, zäh wie Pech oder sehr fest; er erscheint in geformten Würsten und ist sehr leicht von den anderen Kotsorten unterscheidbar. Wir haben im Fleischkot niemals unverdaute Fleischreste entdecken können.“ Das letztere gelang auch mir niemals. Dass hingegen bei Fleischfütterung nur selten Kot entleert werde, oft während eines Zeitraumes von 8 Tagen nicht, konnte ich nicht beobachten; der Kot wurde vielmehr bei reiner Fleischnahrung durchschnittlich jeden dritten Tag entleert. Bezüglich des Leimkotes geben Bischoff und Voit an: „Der Leimkot ist, wenn mit dem Leim viel Fleisch gereicht wird, eine dunkelschwarze Schmiere, zäh wie Fleischkot; bei wenig Fleisch ist er weicher, dunkelbraun, aber wie Fleischkot riechend. Wird nur Leim gegeben, so ist der Kot braungelb. Bei Leimnahrung wird der Kot selten entleert.“ Den Stickstoffgehalt des Leimkotes fanden Bischoff und Voit gleich 4,2%. Wenn es nun erlaubt ist, von dem Leimkot einen Schluss auf den Leimpeptonkot zu ziehen, so weichen meine Befunde von denen der genannten Forscher etwas ab. Ich fand bei Darreichung von viel Fleisch mit wenig Leimpepton den Kot weicher und übelriechender als den reinen Fleischkot; verfütterte ich dagegen weniger Fleisch und mehr Leimpepton, so nahm er eine härtere Konsistenz an, und der üble fäkale Geruch wurde womöglich noch unangenehmer. Der Stickstoffgehalt des Leimpeptonkotes betrug in der ersten Peptonperiode 5,61 %, in der zweiten 4,41 %.

Zur Abgrenzung des Fleischkotes von dem Leimpeptonkote dienten Knochen, welche dem Hunde jedesmal am Ende einer Fütterungsperiode gereicht wurden; die Trennung der Exkremente gelang dadurch vollkommen.

Es erübrigen noch einige Bemerkungen über die Beschaffenheit des Harns. Bischoff und Voit fanden den Harn bei reichlicher Fleischnahrung hell und von rein gelber Farbe; er reagierte stets sauer. Diesen Angaben entsprechen meine Beobachtungen nicht. Der Harn hatte in der Regel ein trüb gelbliches Aussehen und reagierte sehr häufig alkalisch. Den Leimharn fanden die genannten Forscher etwas dunkler gefärbt als den Fleischharn, die ersten Portionen reagierten alkalisch, „die späteren aber,

etwa 10 Stunden nach der Nahrungsaufnahme, schon sauer. Es fiel stets nach einigem Stehen des Harns eine reichliche Menge eines schmutzig gelben Sediments zu Boden, was sich aus grösseren und kleineren Oktaëdern von oxalsaurem Kalk bestehend erwies; wir haben im Hundeharn niemals, ausser bei Fütterung mit Leim, dies Sediment wahrgenommen. Es scheint, dass bei der Oxydation des Leims als Zersetzungsprodukt neben Harnstoff auch Oxalsäure entsteht.“ Was die Farbe des Leimpeptonharns betrifft, so konnte ich darin keinen wesentlichen Unterschied von dem Fleischharn erkennen. Dagegen war seine Reaktion deutlich sauer, und zwar in der zweiten Peptonperiode gleich von Anfang an, in der ersten Peptonperiode vom sechsten Tage an.

Der Fütterungsversuch währte im ganzen 52 Tage. Hiervon kam ein Tag der ersten Fleischperiode in Wegfall, da infolge einer Unvorsichtigkeit der Harn von diesem Tage verloren ging. Bei der Aufstellung der Bilanz wurde natürlich alles, was auf diesen Tag gekommen wäre, N der Nahrung und des Kotes weggelassen.

Die übrigen 51 Tage verteilten sich auf die einzelnen Perioden wie folgt:

1. Fleischperiode	15 Tage
1. Peptonperiode	13 Tage
2. Fleischperiode	12 Tage
2. Peptonperiode	8 Tage
3. Fleischperiode	3 Tage.

In der ersten Fleischperiode erhielt der Hund *pro die* 235 g Pferdefleisch, und zwar gehacktes fettfreies Muskelfleisch, 25 g fein zerschnittenen Speck und 400 ccm Wasser, alles zusammen unter Zusatz von etwas Kochsalz zu einem dünnen Brei verrührt. Den Stickstoffgehalt des Fleisches zu 3,44 % gerechnet, erhielt er also täglich in seinem Futter 8,084 g N. Nach Voit braucht ein Hund von 34 kg Körpergewicht bei reiner Fleischkost täglich mindestens 1500 g Fleisch (1500—1800 g), wenn er nichts von seinem Gewicht verlieren soll. Hiernach hätte ich meinem Hunde, der 6 kg wog, täglich mindestens 265 g Fleisch geben müssen. Ich gab ihm 30 g Fleisch weniger, legte ihm aber dafür 25 g Fett zu. Der Erfolg war, dass der Hund während der ersten Fleischperiode merklich an Gewicht zunahm, und zwar, wie aus der Stickstoffbilanz geschlossen werden kann, dadurch, dass er Fleisch ansetzte.

In der darauf folgenden Peptonperiode wurde ein grosser Teil des Stickstoffs in Gestalt von Leimpepton verfüttert. Der Hund erhielt also in seiner Fleischration eine N-Zufuhr, welche bei weitem zu gering war, um das Tier vor N-Verlust schützen zu können. Das gleiche geschah in der 2. Peptonperiode, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Menge des im Pepton verfütterten Stickstoffs mehr als die Hälfte des Gesamtstickstoffs der Nahrung betrug.

Bevor ich die einzelnen Versuche einer näheren Besprechung unterziehe, will ich in den folgenden Tabellen darlegen, wie sich die Stickstoff-Einnahmen und -Ausgaben auf die einzelnen Tage sowohl wie auf die ganzen Perioden verteilten.

Erste Fleischperiode.

			N		
Tag	Gewicht des Hundes	Nahrung	in der Nahrung	im Harn	im Kot
22. VI. 92	5800 g			5,543 g	
23. VI. „	5870 „			6,616 „	
24. VI. „	5800 „			8,207 „	
25. VI. „	5770 „			7,190 „	
26. VI. „	5700 „			7,460 „	0,899 g
27. VI. „	5700 „			7,922 „	
28. VI. „	5870 „			5,687 „	
29. VI. „	5860 „	235 g Pferdefleisch, 25 g Speck, 400 ccm Wasser	8,084 g	6,621 „	
30. VI. „	5810 „			4,614 „	
1. VII. „	5870 „			5,981 „	
2. VII. „	5790 „			6,695 „	
3. VII. „	5810 „			8,160 „	
5. VII. „	5950 „			6,532 „	2,021 g
6. VII. „	5950 „			8,676 „	
7. VII. „	6000 „			7,880 „	

Im Mittel *pro die*: 6,919 g 0,195 g

Bilanz: 8,084 g — (6,919 + 0,195) g
= + 0,970 g N.

Erste Peptonperiode.

Tag	Gewicht des Hundes	Nahrung	N in der Nahrung	N im Harn	N im Kot
8. VII. 92	6000 g	25 g Speck 185 g Fleisch 11,86 g Pepton	8,143 g	8,552 g	3,11 g
9. VII. „	6060 „	25 g Speck 185 g Fleisch 12,8 g Pepton	8,284 „	7,992 g	
10. VII. „	5980 „	185 g Fleisch 25 g Speck 12 g Pepton	8,164 „	2,920 „	
11. VII. „	6050 „			9,056 „	
12. VII. „	5970 „			9,252 „	
13. VII. „	6020 „			6,541 „	
14. VII. „	6000 „			7,810 „	
15. VII. „	6030 „			6,896 „	
16. VII. „	6050 „	160 g Fleisch 25 g Speck 18 g Pepton	8,204 g	7,446 „	
17. VII. „	5950 „			7,026 „	
18. VII. „	5970 „			7,890 „	
19. VII. „	5970 „			7,390 „	
20. VII. „	6010 „			6,971 „	

Im Mittel *pro die*: 8,187 g 7,367 g 0,24 g

Bilanz: 8,187 g — (7,367 + 0,24) g = + 0,580 g N.

Zweite Fleischperiode.

Tag	Gewicht des Hundes	Nahrung	N in der Nahrung	N im Harn	N im Kot
21. VII. 92	6030 g	235 g Pferdefleisch 25 g Speck 400 ccm Wasser	8,084 g	7,162 g	3,10 g
22. VII. „	6100 „			8,417 „	
23. VII. „	5990 „			5,333 „	
24. VII. „	6010 „			6,933 „	
25. VII. „	6050 „			7,446 „	
26. VII. „	5980 „			9,495 „	
27. VII. „	6030 „			8,352 „	
28. VII. „	6000 „			7,983 „	
29. VII. „	6010 „			5,515 „	
30. VII. „	6000 „			9,150 „	
31. VII. „	5980 „			9,901 „	
1. VIII. „	6100 „			5,351 „	

Im Mittel *pro die*: 8,084 g 7,586 g 0,258 g

Bilanz: 8,084 g — (7,586 + 0,258) g = + 0,240 g N.

Zweite Peptonperiode.

Tag	Gewicht des Hundes	Nahrung	N in der Nahrung	N im Harn	N im Kot.
2. VIII. 92	5950 g	25 g Speck 135 g Fleisch 24 g Pepton	8,24 g	7,754 g	1,6486 g
3. VIII. „	5980 „	110 g Fleisch 25 g Speck 30 g Pepton	8,28 g	7,768 „	
4. VIII. „	5900 „			7,605 „	
5. VIII. „	5990 „			7,586 „	
6. VIII. „	5980 „			9,173 „	
7. VIII. „	6010 „			7,194 „	
8. VIII. „	6140 „			4,096 „	
9. VIII. „	6000 „			8,165 „	

Im Mittel *pro die*: 8,275 g 7,418 g 0,206 g
Bilanz: 8,275 g — (7,418 + 0,206) g
= + 0,651 g N.

Dritte Fleischperiode.

Tag	Gewicht des Hundes	Nahrung	N in der Nahrung	N im Harn	N im Kot
10. VIII. 92	6050 g	235 g Fleisch 25 g Speck 400 ccm Wasser	8,084 g	5,039 g	0,7449 g
11. VIII. „	6025 „		8.084 „	7,927 „	
12. VIII. „	6050 „		8,084 „	8,076 „	

Im Mittel *pro die*: 8,084 g 7,014 g 0,2483 g
Bilanz: 8,084 g — (7,014 + 0,248) g
= + 0,822 g N.

Der Verlauf des ganzen Fütterungsversuches ist gekennzeichnet, wenn wir nur die Mittelwerte für die tägliche Stickstoff-Einfuhr und -Ausfuhr in den fünf aufeinander folgenden Perioden tabellarisch zusammenstellen; wir müssen nur noch festhalten, dass das Gewicht des Hundes in der ersten Fleischperiode etwas anstieg, dann aber bis zum Schluss des Versuches konstant blieb.

N

	in der Nahrung	im Harn	in Harn und Kot	Bilanz
1. Fleischperiode	8,084 g	6,919 g	7,114 g	+ 0,970 g
1. Peptonperiode	8,187 „	7,367 „	7,607 „	+ 0,580 „
2. Fleischperiode	8,084 „	7,586 „	7,844 „	+ 0,240 „
2. Peptonperiode	8,275 „	7,418 „	7,624 „	+ 0,651 „
3. Fleischperiode	8,084 „	7,014 „	7,262 „	+ 0,822 „

Die Stickstoffausgaben zeigen keine ungewöhnlichen Schwankungen, die grösste Differenz finden wir zwischen den Werten der ersten und der zweiten Fleischperiode, sie beträgt hier rund 10% des Wertes der ersten Fleischperiode. Worauf aber besonders Gewicht zu legen ist, das ist, dass während der Peptonperioden das Tier nichts von seinem Körperstickstoff zusetzte.

Was die Resorption der eingeführten Stickstoffnahrung betrifft, so stehen auch in dieser Beziehung die Peptonperioden den Fleischperioden völlig gleich zur Seite, wenn sie diese nicht sogar übertreffen; denn es fand sich bei der Peptonfütterung um ein geringes weniger Stickstoff im Kot, obwohl die Nahrung etwas stickstoffreicher war, als in den Fleischperioden. Die hiefür in Betracht kommenden Zahlen enthält die folgende Tabelle.

	N in der Nahrung pro die	N im Kot	Kot-N in % des Nahrung-N
1. Fleischperiode	8,084 g	0,195 g	2,41 %
2. „	8,084 „	0,258 „	3,20 „
3. „	8,084 „	0,248 „	3,07 „
1. Peptonperiode	8,187 „	0,240 „	2,93 „
2. „	8,275 „	0,206 „	2,48 „

In den Fleischperioden gingen im Mittel 2,89 %,
in den Peptonperioden 2,71 %
vom Stickstoff der Nahrung in den Kot über.

Das Körpergewicht des Hundes weist in der ersten Fleischperiode grössere Schwankungen als in den folgenden Perioden auf; dabei steigt es in 16 Tagen um etwa 200 gr. Die Steigerung erklärt sich wohl daraus, dass der Hund vor Beginn des Versuches minderwertiges Futter erhalten und infolge dessen Verlust an Körpersubstanz erlitten hatte. Während der beiden Peptonperioden bleibt das Gewicht auf der Höhe, welche durch die vorbereitende Fleischfütterung erreicht worden war.

Es bleibt noch übrig, auf die Art der Darreichung des Leimpeptons näher einzugehen.

Anfangs wurde versucht, das Peptonchlorhydrat mittelst Schlundsonde einzuführen, und zwar in einer dünnen, wässerigen Auflösung, deren stark saure Reaktion durch Natronlauge so weit abgestumpft worden war, dass die Flüssigkeit einen Lakmusstreifen nur eben noch deutlich rötete. Die Sonde kam allein an den beiden ersten Peptontagen in Anwendung; beide Male trat, vielleicht infolge der starken Reizung der Magenschleimhaut durch die grosse Flüssigkeitsmenge, Erbrechen ein. Da sich nun am zweiten Peptontage zeigte, dass der Hund das Erbrochene, nachdem ich es mit einem Teil der Fleischration angerührt hatte, ohne Zögern frass, so verfuhr ich von da ab folgendermassen. Täglich wurden ca. 400 ccm einer wässrigen, fast neutralen Peptonlösung hergestellt, welche anfangs 12 g, später 18 g Peptonchlorhydrat enthielt (s. die Tabelle auf S. 38). Von dieser Lösung wurde die Hälfte, mit der halben täglichen Fleisch- und Speckportion angerührt, mittags um 12 Uhr und die andere Hälfte mit dem Rest des Fleisches und Specks abends um 6 Uhr dem Hunde vorgesetzt. Trotz des abschreckend bitteren Geschmackes der Peptonlösung nahm er das Futter willig an, und bereits nach 6 Tagen hatte er sich derartig an die Peptonfleischmischung gewöhnt, dass er die ganze Portion mit 12 g und später mit 18 g Peptonsalz auf einmal frass, dass ihm also vom 6. Tage an die ganze Futterration auf einmal, wie in der ersten Fleischperiode, gereicht werden konnte. Er frass schliesslich das Futter mit derselben Gier wie die Fleisch-Speckmischung und leckte die Schüssel in

wenigen Minuten bis auf den Boden vollkommen rein aus. Ja, als er nach Ablauf der ersten Peptonperiode wieder auf Fleischkost gesetzt wurde, schien ihm diese anfänglich weniger zu behagen als die peptonhaltige Nahrung. Erbrechen trat in 10 aufeinander folgenden Tagen, in denen 5 mal 12 g und 5 mal 18 g Peptonsalz verfüttert wurden, niemals ein; der Hund war immer gleichmässig munter.

Bei der 2. Peptonperiode wurden 1 mal 24 g und 7 mal 30 g Peptonsalz gereicht. In den ersten 3 Tagen gab ich es wiederum in 3—5 %iger fast neutraler Lösung, in welche ich, wie bisher, das gehackte Fleisch und die Speckstückchen einrührte. Der Hund nahm zwar die grosse Menge Flüssigkeit ohne Anstand, aber es trat an diesen 3 Tagen Erbrechen ein. Da das Erbrochene vollständig aufgefangen und von dem Hunde wieder gefressen wurde, so ging glücklicherweise von dem Futter nichts verloren. Allein wenn das Erbrechen nicht von dem Pepton herrührte, so musste es sich leicht ganz vermeiden lassen. Und in der That liess es sich einfach dadurch vermeiden, dass ich die Peptonlösung mit einem Teil der Fleischration bis auf ein Volum von etwa 400 ccm einkochte und dann den Speck und den Rest des Fleisches hinzufügte. Das so hergestellte Futter frass der Hund anscheinend gern und vertrug es in 5 aufeinander folgenden Tagen vortrefflich. Am 7. VIII., dem vorletzten Tag der 2. Peptonperiode, liess er einen kleinen Teil der Tagesration in der Schüssel; er erhielt diesen Rest am 8. VIII. zugleich mit dem neuen Futter und verzehrte die ganze auf ein passendes Volum eingekochte Futtermischung, die mehr als 35 g Peptonsalz enthalten mochte, auf einmal.

Auch während der 2. Peptonperiode war das Allgemeinbefinden des Hundes stets ein vorzügliches: er war immer munter und zeigte guten Appetit; Störungen im Darmtractus wurden nie beobachtet; der Stuhl war, wie bereits oben bemerkt, völlig normal. Im Harn wurden weder Pepton noch andere abnorme Harnbestandteile jemals gefunden; auch die Prüfung des Rückstandes von 500 ccm Harn, die auf dem Wasserbade bis zur Syrupskonsistenz eingedampft worden waren, ergab nichts Bemerkenswertes. Das Erbrechen in den ersten 3 Tagen, das lediglich eine Folge der Aufnahme eines zu grossen Flüssigkeitsquantums war, hatte nicht den geringsten Einfluss auf das Allgemeinbefinden.

Wir dürfen nach diesen Erfahrungen das Endresultat des ganzen Fütterungsversuches wie folgt zusammenfassen:

Das Paal'sche Glutinpepton ist im Stande, einen Hund, dem eine ungenügende Menge stickstoffhaltiger Nahrung in Form von Fleisch zugeführt wird, im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten, und zwar gelingt es, mehr als die Hälfte des gesamten Stickstoffbedarfs durch Glutinpepton zu decken. Ob ein noch weiter gehender Ersatz möglich ist, muss vorläufig dahingestellt bleiben.

Die vorstehende Untersuchung war an einem verhältnismässig kleinen Hunde ausgeführt worden. Ihr günstiges Resultat regt dazu an, ähnliche Versuche mit dem Paal'schen Glutinpepton an grösseren Hunden und vor allem am Menschen anzustellen. Ueber die Schwierigkeiten, die für die Darreichung des Peptons aus seinem überaus bitteren Geschmack erwachsen, wird man auf die eine oder andere Art hinwegkommen können. Abgesehen hiervon dürfen wir schon jetzt erwarten, dass das ganz unschädliche und leicht resorbierbare Präparat auch in der Krankenernährung mit Erfolg zu verwerten sein wird.

Zum Schlusse will ich das, was man bis heute über den Nährwert der Peptone durch Fütterungs- und Stoffwechselversuche in Erfahrung gebracht hat, mit wenigen kurzen Sätzen noch einmal hervorheben.

1. Der heutige Stand unserer Kenntnis erlaubt nicht, über die Gleichwertigkeit von Pepton und Eiweiss als Nährstoffe ein endgültiges Urteil zu fällen.

2. Die Versuche, welche zur Entscheidung dieser Frage vor den Forschungen Kühne's und seiner Schüler angestellt worden sind, sind nicht beweisend, da sie nicht mit reinen Peptonen, sondern mit Albumosen oder mit Gemischen von Albumosen und Peptonen ausgeführt wurden.

3. Die Ergebnisse, welche die Ernährung von Tieren mit Kühne'schen Peptonen geliefert hat, ermutigen nicht dazu, diese Präparate für den Menschen zu verwerten.

4. Auch heute stehen wir noch auf dem Standpunkte Voit's, dass die Peptone im wesentlichen eiweissersparend wirken; ob aber die Kühne'schen Eiweisspeptone für den Menschen nur als Spar-

mittel gelten oder doch das Eiweiss vollkommen ersetzen können, lässt sich vorläufig nicht entscheiden.

5. Wir wissen, dass der Leim ein vortrefflicher Eiweisssparer ist. Ein Gleiches gilt auch von dem reinen Leimpepton, das mehr als die Hälfte des Nahrungseiweisses zu ersetzen vermag. Die unangenehmen Nebenwirkungen, welche häufig nach Darreichung von Eiweisspeptonen beobachtet wurden, treten nach Darreichung von reinen, auf chemischem Wege d. h. ohne peptonisierende Fermente dargestellten Leimpeptonen nicht hervor.

Der experimentelle Teil der vorliegenden, auf Anregung des Herrn Dr. O. Schulz unternommenen Arbeit wurde im Sommersemester 1892 im physiologischen Institut der Universität Erlangen ausgeführt.

Analytische Belege.

Fleisch-Analysen
(nach Kjeldahl).

I.	4,197 g Fleisch enthalten	0,133 g N	=	3,192 % N.
II.	4,999 „ „ „	0,1575 „ N	=	3,15 „ N.
III.	4,422 „ „ „	0,1624 „ N	=	3,67 „ N.
IV.	3,364 „ „ „	0,1288 „ N	=	3,83 „ N.
V.	2,739 „ „ „	0,0924 „ N	=	3,37 „ N.
			Im Mittel:	3,44 „ N.

Pepton-Analysen
(nach Kjeldahl).

6,690 g Peptonchlorhydrat wurden mit destill. Wasser zu 25 ccm gelöst.

5 ccm der Lösung mit 1,338 g Peptonsalz enthalten 0,15815 g N = 11,82 % N.

5 ccm „ „ „ „ „ „ „ 0,16524 g N = 12,35 % N.

Diese Stickstoffwerte blieben bei der Berechnung der Stickstoffzufuhr, wie bereits oben (im Text S. 32) erwähnt wurde, unberücksichtigt.

Kot-Analysen
(nach Kjeldahl).

1. Fleischperiode (15 Tage):

Kot A; frisch: 27,2 g, trocken: 14,5 g.

1,495 g ergaben 0,09089 g N = 6,08 %
1,591 „ „ 0,1022 „ N = 6,42 „
1,536 „ „ 0,0938 „ N = 6,11 „

Im Mittel: 6,20 % N.

Gesamt-N von Kot A = 0,899 g.

Kot B; frisch: 61,3 g, trocken: 37,6 g.

1,461 g ergaben 0,0784 g N = 5,37 %
1,508 „ „ 0,0812 „ N = 5,38 „

Im Mittel: 5,375 % N.

Gesamt-N von Kot B = 2,021 g.
Gesamtstickstoff des in 15 Tagen entleerten Kotes:
0,899 g + 2,021 g = 2,920 g.
Stickstoffausscheidung im Kot *pro die* = 0,195 g.

1. Peptonperiode (13 Tage):
Gesamtkot; frisch: 79,65 g, trocken: 55,45 g.
1,488 g ergaben 0,084 g N = 5,645 %
1,553 „ „ 0,0868 „ N = 5,589 „
Im Mittel: 5,617 % N.
Gesamtstickstoff des in 13 Tagen entleerten Kotes = 3,11 g.
Stickstoffausscheidung im Kot *pro die* = 0,24 g.

2. Fleischperiode (12 Tage):
Gesamtkot; frisch: 74,5 g, trocken: 46,7 g.
1,510 g ergaben 0,0980 g N = 6,49 %
1,862 „ „ 0,1260 „ N = 6,766 „
Im Mittel: 6,63 % N.
Gesamtstickstoff des in 12 Tagen entleerten Kotes = 3,10 g.
Stickstoffausscheidung im Kot *pro die* = 0,258 g.

2. Peptonperiode (8 Tage):
Gesamtkot; frisch: 69,6 g, trocken: 37,35 g.
1,703 g ergaben 0,0728 g N = 4,274 %
1,906 „ „ 0,0868 „ N = 4,554 „
Im Mittel: 4,414 % N.
Gesamtstickstoff des in 8 Tagen entleerten Kotes = 1,6486 g.
Stickstoffausscheidung im Kot *pro die* = 0,206 g.

3. Fleischperiode (3 Tage):
Gesamtkot; frisch: 28,25 g, trocken: 13,95 g.
1,490 g ergaben 0,0784 g N = 5,26 %
1,690 „ „ 0,0924 „ N = 5,47 „
1,7485 „ „ 0,0924 „ N = 5,29 „
Im Mittel: 5,34 % N.
Gesamtstickstoff des in 3 Tagen entleerten Kotes = 0,7449 g.
Stickstoffausscheidung im Kot *pro die* = 0,248 g.

Erste Fleischperiode.

Datum	Gewicht des Hundes	Temperatur des Hundes	Temparatur der Luft	Harn: Menge von 24 Stunden u. Reaktion	Harn: spec. Gewicht	Harn: % Na Cl	Harn: Gesamt-Na Cl	Harn: % Harnstoff	Harn: Gesamt-Harnstoff	Bemerkungen.
1892	g	°	°	ccm						
22. VI.	5800			470	1020	0,59	2,773	2,527	11,877	
23. VI.	5870			577	1017	0,56	3,231	2,458	14,183	
24. VI.	5800	38,5	22	578	1021	0,52	3,0	3,0428	17.5873	
25. VI.	5770	38,3	18	584	1019	0,53	3,095	2,6336	15,4065	
26. VI.	5700	38,3	18	587	1017	0,51	2,9937	2,7244	15,99	
27. VI.	5700	38,5	19	576	1016			2,9472	16,9758	
28. VI.	5870	38,5	20	375	1021	0,66	2,475	3,25	12,1875	
29. VI.	5860	38,4	22	516	1016	0,53	2,7348	2,7504	14,1920	
30. VI.	5810	38,4	21	450 alkal.	1016	0,57	2,565	2,1984	9,8928	1. Kot. frisch: 27,2 g. trocken: 14,5 „
1. VII.	5870	38,5	18	475 alkal.	1017	0,51	2,422	2,6992	12,82	
2. VII.	5790	38,4	15	554 alkal.	1018	0,65	3,60	2,5908	14,35	2. Kot. frisch: 24,2 g. trocken: 12,8 „
3. VII.	5810	38,5	18	470 schw.alkal.	1024	0,69	3,24	3,7220	17,49	
4. VII.	5880	38,6	22							
5. VII.	5950	38,4	22	445 schw.alkal.	1022	0,68	3,026	3,146	13,9997	
6. VII.	5950	38,4	20	485 schw.alkal.	1027	0,96	4,656	3,736	18,12	
7. VII.	6000	38,4	18	420 schw.alkal.	1027	0,91	3,82	4,021	16,89	3. Kot. frisch: 27,2 g. trocken: 16,55 „

Der Hund erhält am 6. VII. einige Stunden nach der Fütterung Knochen.

Erste Peptonperiode.

Datum	Gewicht des Hundes	Temperatur des Hundes	Temperatur der Luft	Harn: Menge von 24 Stunden u. Reaktion	Harn: spec. Gewicht	Harn: % Na Cl	Harn: Gesamt-Na Cl	Harn: % Harnstoff	Harn: Gesamt-Harnstoff	Bemerkungen
1892	g	°	°	ccm						
8. VII.	6000	38,5	22	390 schw.alkal.	1022	0,95	3,705	4,7	18,33	4. Fleischkot frisch: 3,8 g trocken: 2,5 „
9. VII.	6060	38,4	21	529 alkal.	1019	0,62	3,28	3,2388	17,13	
10. VII.	5980	38,5	23	210 neutral	1020	0,93	1,95	2,982	6,26	
11. VII.	6050	38,3	19	576 alkal.	1018	0,80	4,61	3,3704	19,41	
12. VII.	5970	38,4	21	675 sauer	1017	0,76	5,13	2,9384	19,83	1. Peptonkot frisch: 15,2 g trocken: 9,25 „
13. VII.	6020	38,4	21	470 sauer	1016	0,61	2,87	2,9840	14,02	
14. VII.	6000	38,5	17,5	400 sauer	1028	1,39	5,56	4,1856	16,74	
15. VII.	6030	38,3	16	395 sauer	1027	1,52	6,00	3,7412	14,78	
16. VII.	6050	38,3	17	375 sauer	1028	1,12	4,20	4,2548	15,96	
17. VII.	5950	38,3	17	430 sauer	1022	0,96	4,13	3,5028	15,06	
18. VII.	5970	38,4	17	535 sauer	1023	0,93	4,92	3,1548	16,91	2. Peptonkot frisch: 21,2 g trocken: 10,[illegible] „
19. VII.	5970	38,4	15	490 sauer	1024	1,33	6,52	3,2320	15,84	
20. VII.	6010	38,4	15	385 sauer	1030	1,18	4,54	3,8808	14,94	

Am 19. VII. nachmittags Knochen.

Zweite Fleischperiode.

Datum	Gewicht des Hundes	Temperatur des Hundes	Temperatur der Luft	Harn: Menge von 24 Stunden u. Reaktion	spec. Gewicht	$^0/_0$ Na Cl	Gesamt-Na Cl	$^0/_0$ Harnstoff	Gesamt-Harnstoff	Bemerkungen.
1892	g	°	°	ccm						
21. VII.	6030	38,5	14	445 schw. sauer	1030	1,56	6,94	3,4484	15,345	3. Peptonkot. frisch: 86,75 g trocken: 22,9 „
22. VII.	6100	38,4	15	519 neutral	1026	1,15	5,97	3,4764	18,04	
23. VII.	5990	38,5	17	425 alkal.	1023	1,12	4,76	2,6888	11,43	4. Peptonkot. frisch: 8,5 g trocken: 6,5 „
24. VII.	6010	38,4	15	455 alkal.	1029	1,40	6,37	3,2664	14,86	
25. VII.	6050	38,4	17	570 schw. alkal.	1024	1,15	6,555	2,8004	15,96	
26. VII.	5980	38,5	16	644 alkal.	1023	1,07	6,89	3,16	20,35	
27. VII.	6030	38,4	17	556 alkal.	1025	1,39	7,73	3,2196	17,90	1. Fleischkot. frisch: 6,7 g trocken: 6,0 „
28. VII.	6000	38,5	19	542 alkal.	1024	1,03	5,58	3,1564	17,11	
29. VII.	6010	38,3	22	390 alkal.	1022	1,05	4,095	3,0296	11,815	
30. VII.	6000	38,5	22	641 schw. alkal.	1019	0,61	3,91	8,0592	19,61	2. Fleischkot. frisch: 32,05 g trocken: 22,75 „
31. VII.	5980	38,3	21	585 neutral	1024	1,01	5,91	3,6272	21,22	
1. VIII.	6100	38,4	22	410 alkal.	1026	1,20	4,92	2,7976	11,47	3. Fleischkot. frisch: 35,75 g trocken: 17,95 „

Am 31. VII. nachmittags Knochen.

Zweite Peptonperiode.

Datum	Gewicht des Hundes	Temperatur des Hundes	Temperatur der Luft	Harn: Menge von 24 Stunden u. Reaktion	spec. Gewicht	% Na Cl	Gesamt-Na Cl	% Harnstoff	Gesamt-Harnstoff	Bemerkungen
1892	g	°	°	ccm						
2. VIII.	5950	38,3	19	680 sauer	1015	0,82	5,58	2,4436	16,62	
3. VIII.	5980	38,3	17	455 sauer	1022	1,42	6,46	3,6592	16,65	
4. VIII.	5900	38,4	17	430 schw. sauer	1028	1,91	8,21	3,79	16,30	
5. VIII.	5990	38,4	16	405 schw. sauer	1028	1,40	5,67	4,0144	16,26	
6. VIII.	5980	38,4	15	445 sauer	1028	1,64	7,30	4,4188	19,66	
7. VIII.	6010	38,3	19	325 sauer	1029	1,67	5,43	4,7456	15,42	
8. VIII.	6140	38,4	21	190 alkal.	1036	1,14	2,17	4,6232	8,78	1. Peptonkot. frisch: 47,3 g trocken: 15,05 „
9. VIII.	6000	38,3	19	595 sauer	1017	0,99	5,89	2,94128	17,50	

Der Hund erhält am 8. VIII. einige Stunden nach der Fütterung Knochen

Dritte Fleischperiode.

Datum	Gewicht des Hundes	Temperatur des Hundes	Temperatur der Luft	Harn: Menge von 24 Stunden u. Reaktion	Harn: spec. Gewicht	Harn: °/₀ Na Cl	Harn: Gesamt-Na Cl	Harn: °/₀ Harnstoff	Harn: Gesamt-Harnstoff	Bemerkungen.
1892	g	°	°	ccm						
10. VIII.	6050	38,4	19	370 sauer	1020	1,54	5,70	2,9188	10,80	
11. VIII.	6025	38,2	17	375 alkal.	1032	1,57	5,89	4,5308	16,99	2. Peptonkot. frisch: 22,7 g trocken: 12,8 „
12. VIII.	6050	38,4	17	460 alkal.	1031	1,66	7,64	3,7640	17,31	Fleischkot. frisch: 28,25 g trocken: 18,95 „

Der Hund erhält am 11. VIII. nachmittags Knochen.

Für den Harn vom 10., 11. und 12. VIII. wurde zur Kontrolle der Harnstofftitration (nach Pflüger) der Stickstoffgehalt auch noch nach Kjeldahl bestimmt.

Datum	Gesamte Harnmenge	Analysierte Menge	Stickstoff: in 5 ccm Harn (nach Kjeldahl)	Stickstoff: in 370 ccm Harn (nach Kjeldahl)	Stickstoff: aus Titration berechnet	Differenz	Bemerkungen.
1892	ccm	ccm	g	g	g		
10. VIII.	370	5	0,0672	4,973	5,039	0,066	Sämtliche Differenzen können, als im Bereich der gewöhnlichen Fehlergrenzen liegend, unberücksichtigt bleiben.
11. VIII.	375	5	0,1064	7,99	7,927	0,063	
12. VIII.	460	5	0,0868	7,985	8,076	0,091	

Über ein Herzgift aus Manila.

Von J. Rosenthal.

Ende Oktober schickte mir mein Freund, der Direktor des zoologisch- und anthropologisch-ethnographischen Museums zu Dresden, Herr Hofrat Dr. A. B. Meyer, ein Stück einer Rinde von Rabelaisia philippinensis mit der Bitte, dasselbe auf seine Giftwirkung zu untersuchen. Die Rinde stammt nach seinen Angaben aus der Gegend von Mariveles und soll von den dortigen Negritos zur Bereitung eines Pfeilgiftes benutzt werden. Wie sie es bereiten, ist aus der dortigen Gegend nicht bekannt; dagegen hat Jagor dies in seinem Werk über die Philippinen Seite 112 von S. O. Luzon beschrieben.

„Die Bastschicht der Rinde wurde zerklopft, ausgedrückt, angefeuchtet und noch einmal ausgedrückt. Dies geschah mit der blossen Hand, die aber nicht verletzt sein darf. Der Saft sieht wie dünne Erbsensuppe aus; er wird in einem Topfscherben über schwachem Feuer eingedampft, wobei er an den Rändern gerinnt. Das Koagulum löst sich durch Umrühren wieder in der kochenden Flüssigkeit. Ist diese zu Syrupdicke eingedampft, so wird von der inneren Oberfläche einer anderen Rinde eine geringe Menge, etwa $^1/_{10}$ soviel als von der ersten, abgeschabt und über dem Topf ausgedrückt; dieser Saft ist dunkelbraun. Wenn das Gemenge die Konsistenz einer guten Salbe hat, so wird es mit einem Span aus dem Scherben herausgekratzt und in einem mit Asche bestreuten Blatt aufbewahrt. Zum Vergiften eines Pfeils verwendet man ein Stück von der Grösse einer Haselnuss, das durch Erwärmen gleichmässig über die breite eiserne Spitze verteilt wird. Ein vergifteter Pfeil dient viele Male“.

Die zwei erwähnten Rinden hat Jagor aus Luzon mitgebracht. Dieselben werden unter der Bezeichnung B 103 und 104 im botanischen Institut in Berlin aufbewahrt. Die eine Rinde, welche mir Herr Direktor Meyer übersandte, stammt aus einer

ganz anderen Gegend. Ob sie mit einer der Jagor'schen Rinden identisch ist, vermag ich nicht zu sagen. Herr Jagor hatte seine Rinden und das Gift nicht von Negritos, sondern von Mischlingen aus Indiern und Negritos erhalten. Er nennt sie Igoroten; doch teilt mir Herr Meyer mit, dass Igoroten nur im Norden von Luzon wohnen.

Von jenem Pfeilgifte hatte ich schon im Jahre 1865 eine kleine Menge von Herrn Fedor Jagor unmittelbar erhalten und damit einige Versuche angestellt, über welche ich in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1865 S. 601 berichtet habe. Ich werde auf diese Versuche später zurückkommen.

Da das mir übersandte Rindenstück nicht sehr gross war, musste ich auf alle Versuche, die wirksame Substanz zu isolieren, verzichten und mich zunächst darauf beschränken festzustellen, ob in demselben ein giftiger Stoff vorhanden und welcher Art seine Wirkung sei. Es wurde deshalb ein Stück von 20 g Gewicht grob zerkleinert, mit 100 cm^3 Wasser 24 Stunden lang mazeriert und dann filtriert. Der Rückstand wurde mit 100 cm^3 kochenden Wassers erschöpft und abermals filtriert. Beide Filtrate sahen braun und schwach trüb aus, reagierten schwach alkalisch. Da Vorversuche zeigten, dass beide im wesentlichen gleiche Wirkung hatten, so wurden sie vereinigt, so dass die so gewonnene Lösung in jedem cm^3 gerade die in Wasser löslichen Stoffe von 0,1 g Rinde enthielt.

Versuche an Fröschen lehrten, dass wir es mit einem reinen Herzgift zu thun haben. Injiciert man einem mittelgrossen Frosch 1 cm^3 der Lösung in einen Lymphsack, so zeigt das Tier äusserlich kaum Spuren einer Vergiftung. Weder Lähmungs- noch Erregungserscheinungen sind zu beobachten; zuweilen sieht man längere Zeit nach der Vergiftung eine geringe Verstärkung der Atembewegungen. Das Tier sperrt von Zeit zu Zeit das Maul auf, springt aber sonst wie gewöhnlich umher. Legt man aber das Herz blos, so sieht man, dass es vollkommen still steht; meistens sind die Vorhöfe schlaff, der Ventrikel kontrahiert und blutleer.

Legt man das Herz blos, ehe man das Gift injiziert, so kann man den Eintritt der Herzlähmung beobachten. In den ersten 10 bis 15 Minuten nach der Injektion bleibt der Herzschlag vollkommen unverändert; dann wird er etwas langsamer, einzelne

Schläge fallen aus; dann werden die Kontraktionen schwächer und hören zuletzt ganz auf. Meistens überleben die Vorhöfe kurze Zeit die Ventrikel. Das zum Stillstand gebrachte Herz ist durch kein Mittel wieder zu irgend einer Kontraktion zu bringen. Es macht keinen Unterschied, ob man vorher die Nn. vagi durchschnitten oder die Med. oblongata zerstört hat.

Ganz anders gestalten sich die Erscheinungen, wenn man die Versuche an einem Warmblüter anstellt. Injiziert man einem Meerschweinchen etwa 5 cm^3, einem Kaninchen etwa 10 cm^3 der Lösung unter die Haut, so beobachtet man einige Minuten darauf Dyspnoe, dann ein heftiges Zittern in allen Muskeln, welches sofort in allgemeine, sehr heftige Krämpfe übergeht und mit dem schnell erfolgenden Tode endet. Kurz vor dem Tode erweitert sich die Pupille sehr stark, oft bis zum Maximum, so dass nur ein ganz schmaler Saum der Iris sichtbar bleibt. Die tötliche Dosis ist nur wenig niedriger, wenn man das Gift, statt unter die Haut, in eine Vene injiziert, wenigstens dann, wenn die Injektion langsam erfolgt. Bei einem mittelgrossen Kaninchen z. B. hatten 6 cm^3, in die V. jugularis injiziert, keine Allgemeinerscheinungen zur Folge. Nach Injektion von noch 3 cm^3 trat dann sehr schnell unter allgemeinen Krämpfen der Tod ein.

Öffnet man sofort nach dem Tode die Brusthöhle, so findet man stets das Herz in Diastole und vollkommen unerregbar. Andere Veränderungen sind nicht zu finden; höchstens kann man eine relative Überfüllung des Venen- und Leere des Arteriensystems konstatieren. Der rechte Ventrikel ist deshalb mit Blut gefüllt, der linke meist leer. Die Lungen sind etwas stärker gerötet als normal, die Luftwege vollkommen normal. Die Leber ist dunkelbraun und blutet stark bei jedem Schnitt; die Hirnhäute stark injiziert. Die vor dem Tode eingetretene Pupillenerweiterung bleibt auch nach dem Tode noch einige Zeit erhalten und verschwindet dann, ähnlich wie es nach Erstickung der Fall zu sein pflegt.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Erscheinungen, welche man an Meerschweinchen und Kaninchen beobachtet — Dyspnoe und allgemeine Krämpfe — nicht unmittelbar durch das Gift verursacht werden, sondern nur Folgen des plötzlichen Herzstillstandes sind. Übte das Gift einen unmittelbaren erregenden Einfluss auf die nervösen oder muskulösen Apparate aus, so wäre

nicht einzusehen, warum sie bei Fröschen vollkommen fehlen oder doch (was die Apnoe anlangt) nur ganz schwach und auch erst sehr spät, lange nachdem das Herz zu vollkommenem Stillstand gekommen ist, eintreten. Dagegen habe ich schon in meinen früheren Arbeiten über Herzgifte auseinandergesetzt, wie sich diese Erscheinungen als Folgen der Zirkulationsstockung in der Med. oblongata erklären lassen.

Die in diesem Abschnitt des Zentralnervensystems gelegenen Zentra, von welchen motorische Erregungen zu verschiedenen, funktionell zusammengehörigen Muskelgruppen oder auch zu sämtlichen Skelettmuskeln gelangen können, verhalten sich eben physiologisch ganz gleichartig und sind nur graduell verschieden insofern, als dieselben Ursachen die einen leichter, die anderen schwerer in den Zustand der Thätigkeit versetzen. Diese Ursachen sind aber, wie ich in verschiedenen Arbeiten gezeigt habe, von der Beschaffenheit des in den Kapillaren jenes Organs zirkulierenden Bluts, namentlich von seinem Gehalt an Sauerstoff abhängig. Ist das Blut ganz mit Sauerstoff gesättigt, dann stellen alle jene Zentra ihre Thätigkeit ein. Nimmt der Sauerstoffgehalt ab, so geraten sie in bestimmter Reihenfolge und mit zunehmender Sauerstoffabnahme in immer höherem Grade in Thätigkeit. Dauert der Sauerstoffmangel fort, so wird ihre Erregbarkeit wieder geringer, wodurch dann die sehr heftigen Bewegungen wieder schwächer werden und schliesslich aufhören — sei es für immer (Tod), wenn die Erregbarkeit der Zentren vollkommen erloschen ist, oder nur zeitweise, wenn rechtzeitig wieder Sauerstoff zugeführt wird.

Für den Eintritt dieser Erscheinungen ist es aber vollkommen gleichgiltig, wodurch dieselben ursprünglich veranlasst werden. Sie können zustande kommen: 1) durch Erstickung, d. h. durch alle Einwirkungen, welche die Sauerstoffaufnahme verhindern, mögen diese nun in Aenderungen der umgebenden Atmosphäre, oder des Atmungsapparats begründet sein; 2) durch Behinderung der Zirkulation in der Medulla oblongata, wie sie u. A. von Kussmaul und Tenner durch Unterbindung der grossen Halsgefässe studiert wurden; 3) endlich durch plötzliche Aufhebung des Gesamtkreislaufs, also durch akute Herzlähmung.

Wenn in allen diesen, ursprünglich so sehr verschiedenen Störungen der normalen Lebensvorgänge durchaus die gleichen

Erste Peptonperiode.

Datum	Gewicht des Hundes	Temperatur des Hundes	Temperatur der Luft	Harn: Menge von 24 Stunddn u. Reaktion	Harn: spec. Gewicht	Harn: % Na Cl	Harn: Gesamt-Na Cl	Harn: % Harnstoff	Harn: Gesamt-Harnstoff	Bemerkungen
1892	g	°	°	ccm						
8. VII.	6000	38,5	22	390 schw.alkal.	1022	0,95	3,705	4,7	18,33	4. Fleischkot. frisch: 3,8 g trocken: 2,5 „
9. VII.	6060	38,4	21	529 alkal.	1019	0,62	3,28	3,2388	17,13	
10. VII.	5980	38,5	23	210 neutral	1020	0,93	1,95	2,982	6,26	
11. VII.	6050	38,3	19	576 alkal.	1018	0,80	4,61	3,3704	19,41	
12. VII.	5970	38,4	21	675 sauer	1017	0,76	5,13	2,9384	19,83	1. Peptonkot. frisch: 13,2 g trocken: 9,25 „
13. VII.	6020	38,4	21	470 sauer	1016	0,61	2,87	2,9840	14,02	
14. VII.	6000	38,5	17,5	400 sauer	1028	1,39	5,56	4,1856	16,74	
15. VII.	6030	38,3	16	395 sauer	1027	1,52	6,00	3,7412	14,78	
16. VII.	6050	38,3	17	375 sauer	1028	1,12	4,20	4,2548	15,96	
17. VII.	5950	38,3	17	430 sauer	1022	0,96	4,13	3,5028	15,06	
18. VII.	5970	38,4	17	535 sauer	1023	0,93	4,92	3,1548	16,91	2. Peptonkot. frisch: 21,2 g trocken: 16,8 „
19. VII.	5970	38,4	15	490 sauer	1024	1,33	6,52	3,2320	15,84	
20. VII.	6010	38,4	15	385 sauer	1030	1,18	4,54	3,8808	14,94	

Am 19. VII. nachmittags Knochen.

Zweite Fleischperiode.

Datum	Gewicht des Hundes	Temperatur des Hundes	Temperatur der Luft	Harn: Menge von 24 Stunden u. Reaktion	Harn: spec. Gewicht	Harn: % Na Cl	Harn: Gesamt-Na Cl	Harn: % Harnstoff	Harn: Gesamt-Harnstoff	Bemerkungen.
1892	g	°	°	ccm						
21. VII.	6030	38,5	14	445 schw. sauer	1030	1,56	6,94	3,4484	15,345	3. Peptonkot. frisch: 86,75 g trocken: 22,9 „
22. VII.	6100	38,4	15	519 neutral	1026	1,15	5,97	3,4764	18,04	
23. VII.	5990	38,5	17	425 alkal.	1023	1,12	4,76	2,6888	11,43	4. Peptonkot. frisch: 8,5 g trocken: 6,5 „
24. VII.	6010	38,4	15	455 alkal.	1029	1,40	6,37	3,2664	14,86	
25. VII.	6050	38,4	17	570 schw. alkal.	1024	1,15	6,555	2,8004	15,96	
26. VII.	5980	38,5	16	644 alkal.	1023	1,07	6,89	3,16	20,35	
27. VII.	6030	38,4	17	556 alkal.	1025	1,39	7,73	3,2196	17,90	1. Fleischkot. frisch: 6,7 g trocken: 6,0 „
28. VII.	6000	38,5	19	542 alkal.	1024	1,03	5,58	3,1564	17,11	
29. VII.	6010	38,3	22	390 alkal.	1022	1,05	4,095	3,0296	11,815	
30. VII.	6000	38,5	22	641 schw. alkal.	1019	0,61	3,91	8,0592	19,61	2. Fleischkot. frisch: 32,05 g trocken: 22,75 „
31. VII.	5980	38,3	21	585 neutral	1024	1,01	5,91	3,6272	21,22	
1. VIII.	6100	38,4	22	410 alkal.	1026	1,20	4,92	2,7976	11,47	3. Fleischkot. frisch: 35,75 g trocken: 17,95 „

Am 31. VII. nachmittags Knochen.

die Aufdeckung der Beziehungen, welche zwischen der Beschaffenheit des in den nervösen Zentralorganen zirkulierenden Bluts und der Thätigkeit dieser Organe bestehen, hat mich in den Stand gesetzt, die richtige Erklärung dieser Erscheinungen zu geben. Meine Auffassung der Vorgänge im Atemzentrum, wie ich sie in meinem Buche über die Atembewegungen[1]) und in den sich anschliessenden Untersuchungen[2]) gegeben habe, hat durch die Studien über Herzgifte[3]) eine wesentliche Stütze erhalten. Um so erwünschter war es mir, durch eine erneute Untersuchung meine Anschauung von neuem bestätigen zu können.

Da ich Aussicht habe, durch die Vermittelung meines Freundes Meyer in den Besitz einer grösseren Menge der Rinde zu gelangen, so hoffe ich die Untersuchung derselben später noch weiter fördern zu können.

---

1) Die Atembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus. Berlin 1862.

2) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv. 1864. S. 456 und 1865. S. 191.

3) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv. 1865. S. 601. — 1866. S. 647.

Zur Kenntnis der Chinazoline.

Von M. Busch.

Wie ich vor einiger Zeit a. a. O.[1]) mitteilte, werden o-Amidobenzylanilin und o-Amidobenzyl-p-toluidin bei der Einwirkung von Phosgen und Schwefelkohlenstoff in Keto- bezw. Thiotetrahydrochinazoline übergeführt. Die Untersuchung ist inzwischen sowohl auf das o-Amidobenzylamin selbst wie auf eine Reihe von Substitutionsprodukten desselben ausgedehnt worden, wobei sich ergeben hat, dass die Reaktion stets in der beim o-Amidobenzylanilin beobachteten Weise verläuft, d. h. entsprechend folgenden allgemeinen Formelgleichungen:

$$C_6H_4 <\begin{matrix}NH_2\\ CH_2\cdot NHR\end{matrix} + COCl_2 = C_6H_4 <\begin{matrix}NH\cdot CO\\ CH_2\cdot NR\end{matrix} + 2HCl$$

$$C_6H_4 <\begin{matrix}NH_2\\ CH_2\cdot NHR\end{matrix} + CS_2 = C_6H_4 <\begin{matrix}NH\cdot CS\\ CH_2\cdot NR\end{matrix} + H_2S$$

Die letztgenannte Reaktion verläuft beim o-Amidobenzylamin wie bei den Derivaten mit aliphatischem Substituenten leicht und vollkommen glatt, ist jedoch die Substitution durch einen aromatischen Rest erfolgt, so tritt dieselbe nur bei Gegenwart von alkoholischem Kali ein.

Bereits früher wurde angegeben, dass die neuen Thiotetrahydrochinazoline bei energischer Reduktion entschwefelt werden, indem der Schwefel durch Wasserstoff ersetzt wird; es resultieren dabei die vor mehreren Jahren von C. Paal und mir[2]) auf anderem Wege gewonnenen Tetrahydrochinazoline:

---

1) Ber. der deutschen chem. Ges. 25, 3853.

2) Ebendas. 22, 2693.

NH CS NR CH_2 $+ H_4 = H_2S +$ NH CH_2 NR CH_2

Eine ganz auffallende Verschiedenheit in dem Verhalten bei der Reduktion zeigen nun diejenigen Derivate, welche einen in Orthostellung substituierten Phenylkern am 3 — Stickstoff enthalten, entsprechend folgender Formel:

NH CS N — R CH_2

Bei diesen verläuft der Reduktionsprozess unter Spaltung des Ringes in der Weise, dass das o-Amidobenzylaminderivat zurückgebildet wird und die CS-Gruppe als Methylmarcaptan austritt:

NH CS N — R $+ 3H_2 = CH_3SH +$

NH_2 $CH_2 \cdot NH$ — R

Diese eigentümliche Erscheinung mag vielleicht darin ihren Grund haben, dass durch den Substituenten in Orthostellung zum 3 — Stickstoff hier eine Atomanhäufung stattgefunden hat, wodurch eine Ablenkung der Valenzrichtungen bezw. eine Spannung im Molekül entstanden ist, welche einer Sprengung des Ringes Vorschub leistet.

Einen weiteren Unterschied gegenüber den übrigen o-Amidobenzylaminen zeigen die in Frage stehenden Orthoderivate auch in ihrem Verhalten gegen salpetrige Säure. Während die an der aliphatischen Amidogruppe einfach substituierten o-Benzylendia-

mine durch das letztgenannte Reagens allgemein in β-Phendihydrotriazine übergehen [1]),

$$C_6H_4 <{NH_2 \atop CH_2NHR} + NHO_2 = C_6H_4{<}(N{=}N{-}NR{-}CH_2) + 2H_2O$$

konnte eine derartige Reaktion in dem bezeichneten Falle nicht wahrgenommen werden. Man erhielt als Reaktionsprodukt ölige, leicht zersetzliche Substanzen, aus denen sich kein reiner Körper isolieren liess. Da alle bisher gewonnenen β-Phendihydrotriazine sich durch ein ganz besonderes Krystallisationsvermögen auszeichnen, so ist es höchst unwahrscheinlich, dass solche überhaupt aus den genannten Orthoverbindungen entstehen. Es liegt deshalb die Annahme nahe, dass auch hier durch die oben erwähnte Atomanhäufung an der aliphatischen Amidogruppe die Bildung des Triazinringes verhindert wird.

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 25, 445.

Ueber Verwendung des Formalins zur Conservirung von Bakterienkulturen.

Von Dr. G. Hauser, Privatdozent der pathologischen Anatomie in Erlangen.

Die Demonstration von Bakterienreinkulturen besonders auf Gelatine, sowie von sogenannten Plattengüssen gehört zweifellos mit zu den wichtigsten Hilfsmitteln des bakteriologischen Unterrichts. Es haben sich daher auch schon verschiedene Autoren, wie Soyka,[1]) Král,[2]) Garrè,[3]) Czaplewski[4]) und andere bemüht, Bakterienkulturen auf verschiedenen festen Nährböden zu conservieren und so aus den sonst vergänglichen Kulturen zur Demonstration jederzeit bereite und geeignete Dauerpräparate herzustellen. Namentlich ist es ein Verdienst Soyka's gewesen, eine Methode angegeben zu haben, durch welche es ermöglicht ist, eine grosse Anzahl von Bakterienarten in der Form von Reinkulturen auf verschiedenen Nährböden, wie Kartoffeln, Agar, Gelatine u. s. w. dauernd zu conservieren und so ein förmliches „bakteriologisches Museum“ anzulegen.

Allein sowohl das Verfahren Soyka's als auch die von anderen Autoren angegebenen Methoden leiden an den sehr empfindlichen Mängeln, dass es nicht gelingt, die Kulturen in jedem beliebigen Entwicklungsstadium zu fixieren und dass es vor allem überhaupt unmöglich ist, Gelatine-Plattengüsse und Gelatine-Stichkulturen in Reagensgläsern von die Gelatine verflüssigenden Bakterienarten zu conservieren.

---

1) Centralbl. f. Bakt. u. Paras. I. 1887, No. 18. — Zeitschr. f. Hygiene IV. 1888, S. 143.

2) Centralbl. f. Bakt. u. s. w., VI. 1889, S. 251. — Zeitschr. f. Hygiene V. 1889, S. 497.

3) Fortschr. d. Med. IV. 1886, S. 392.

4) Centralbl. f. Bakt. u. s. w., VI. 1889, No. 15.

Nun erscheint es aber doch gerade ganz besonders wünschenswert z. B. die für die Diagnose so höchst wichtigen Plattengüsse und Gelatine-Stichkulturen der Cholera, des Milzbrandes und anderer Arten in jedem beliebigen Entwicklungsstadium zu fixieren und für die Demonstration vorrätig halten zu können, um auf diese Weise ein anschauliches Bild von dem fortlaufenden Entwiklungsgang der Kulturen zu erhalten.

Diesen Ansprüchen dürfte die Conservierung der Kulturen und Plattengüsse durch die Einwirkung von Formalindämpfen in so ausgezeichneter Weise Genüge leisten, dass es wohl gerechtfertigt erscheint, wenn ich die über diese Conservierungs-Methode gemachten Erfahrungen jetzt schon der Oeffentlichkeit übergebe.

Die Formalindämpfe besitzen nämlich, wie namentlich aus den sehr interessanten Mitteilungen Penzoldt's hervorgeht, eine so ausserordentliche desinficierende Kraft, dass durch ihre Wirkung nicht allein die an die Oberfläche heranragenden, sondern auch die in den tieferen Schichten gelegenen Kulturen eines Plattengusses offenbar in kürzester Zeit in ihrer Entwicklung gehemmt und schliesslich abgetötet werden. So gelingt es sehr leicht, auch von verflüssigenden Bakterienarten Plattengüsse in jedem beliebigen Entwicklungsstadium, selbst bei dichtester Durchsetzung der Gelatine, zu fixieren. Hiebei tritt unter andauernder Einwirkung der Formalindämpfe allmählich auch wieder eine völlige Erstarrung der bereits verflüssigten Teile der Gelatine ein, ohne dass jedoch der Eindruck der Verflüssigung für das Auge irgendwie verändert würde; erst durch Berührung der verflüssigten Gelatine mit einer Nadel oder durch Umkehren der Schalen kann man sich davon überzeugen, dass der verflüssigte Bezirk thatsächlich wieder erstarrt ist.

Die Kulturen in der noch starren Gelatine, und zwar nicht allein die an der Oberfläche, sondern auch die in der Tiefe gelegenen, bewahren sowohl makroskopisch als mikroskopisch vollständig ihr charakteristisches Ansehen; nur bei sehr rapid verflüssigenden Arten kann, wenn die einzelnen Kolonien bei zu weit fortgeschrittener Entwicklung schon einen umfangreicheren und tieferen Trichter bilden, innerhalb des von den Bakterien getrübten verflüssigten Gelatinebezirkes eine Sedimentierung eintreten, wodurch die verflüssigte Gelatine unter Concentrierung der Bakterienmassen gegen die Mitte hin klar wird und so die

Kulturen an ihrem charakteristischen Ansehen einbüssen können. Man wird daher gut thun, bei solchen Arten auch die stärkeren Verdünnungen eines Plattengusses zu fixieren, bevor die einzelnen Kulturen einen Durchmesser von 6 bis 8 mm überschritten haben.

Das mikroskopische Ansehen, sowie die Färbbarheit der Bakterien selbst zeigte auch nach wochenlanger Einwirkung der Formalindämpfe nicht die geringste Veränderung.

Geradezu überraschend schöne Resultate erhielt ich so namentlich bei der Conservierung von Choleraplatten von der dichtesten Durchsetzung bis zur stärksten Verdünnung und in jedem beliebigen Entwicklungsstadium; die fixierten Platten unterscheiden sich in Nichts von lebendem Material. Nicht minder gute Resultate wurden mit Milzbrand, Proteus vulgaris, Staphylococcus, Sarcina, sowie bei quantitativen Wasseranalysen erzielt, bei welchen ebenfalls zahlreiche verflüssigende Arten zur Entwicklung gelangten; dass auch Plattengüsse von nicht verflüssigenden Arten, wie Bakt. coli commune, Typhus, Bakterium Zopfii und anderen sich unter der Einwirkung von Formalindämpfen unverändert erhalten, bedarf wohl keiner weiteren Ausführung.

Besonders wichtig ist es aber, dass auch Reagensglas-Stichkulturen von verflüssigenden Arten sich mittelst Formalins fixieren lassen. So gelang es mir, Cholerakulturen mit dem so charakteristisch eingezogenen Verflüssigungstrichter (Luftblase), Milzbrand mit der charakteristischen federbartähnlichen Ausstrahlung im Impfstich bei beginnender Verflüssigung an der Oberfläche, ja selbst eine Stichkultur von Finkler'schen Spirillen mit bis zur Tiefe reichender strumpfförmiger Verflüssigung völlig unverändert zu conservieren. Bei allen Kulturen ist hiebei die verflüssigte Gelatine in für das Auge nicht wahrnehmbarer Weise wieder starr geworden, wovon man sich durch Umkehrung des Reagensglases überzeugen kann; bei der Finkler-Kultur ist allerdings auch hier in Folge von Sedimentierung die verflüssigte Gelatine wesentlich klarer geworden.

Ein weiterer Vorzug dieser Art der Conservierung ist der, dass sowohl Plattengüsse als auch Reagensglaskulturen von dem Momente an, als man sie den Formalindämpfen aussetzt, vor jeder Verunreinigung durch Luftkeime selbstverständlich geschützt sind.

Die Ausführung der Methote ist in hohem Grade einfach. Plattengüsse in Petrischalen erhalten unter den Deckel eine Ein-

lage von Filtrierpapier, auf welches man 10—15 Tropfen Formalin träufelt; hierauf bringt man die geschlossenen Schalen in eine mit stark angefeuchtetem Fliesspapier ausgekleidete, gut schliessende feuchte Kammer; in diese stellt man gleichzeitig noch ein kleines offenes Schälchen, in welches man mit Formalin angefeuchtete Watte (etwa 15 Tropfen auf 1000 ccm Rauminhalt der feuchten Kammer) legt.

Reagensglas-Stichkulturen werden mit einem lockeren Wattepfropf versehen, welcher mit etwa 8—10 Tropfen Formalin an seinem unteren Ende angefeuchtet wird; man stellt dann die Kulturen in senkrechter Haltung in ein entsprechend hohes cylindrisches Glas, auf dessen Boden man mit Formalin angefeuchtete Watte bringt (etwa 50—60 Tropfen auf 1000 ccm Rauminhalt). Hierauf wird das Glas durch einen flach aufliegenden Deckel mittelst Vaselins luftdicht verschlossen.

Da die Formalindämpfe auf die tieferen Schichten der Gelatine doch nur langsamer einzuwirken vermögen, so ist es zweckmässig, bei sehr energisch verflüssigenden Arten die Reagensgläser nicht höher als bis zu 4 cm mit Gelatine zu füllen; es erfolgt sonst in den tieferen Schichten noch weiteres Wachstum unter Verflüssigung der Gelatine, wodurch dann die charakteristische Form der Verflüssigung gestört wird.

Besonders wichtig ist es, stets nur ganz frisches Formalin zu verwenden; namentlich schlecht verschlossenes Formalin verliert sehr bald ganz wesentlich an Wirksamkeit; nur von der Anwendung eines frischen, unzersetzten Formalins sind aber gute Resultate zu erwarten. Aus diesem Grunde mögen wohl auch Buchner und Segall[1]) bei der Prüfung des Desinfektionsvermögens einer 10proc. Formaldehydlösung, welche ja nur 4fach verdünntem Formalin gleichkommt, nur unbefriedigende Resultate erzielt haben.

Es ist daher auch zweckmässig, namentlich bei der Conservierung von Reagensglas-Stichkulturen, anfangs täglich einmal noch einige Tropfen frischen Formalins in die feuchte Kammer zu bringen.

Ueber die Grenzen der Haltbarkeit der mit Formalin fixierten Kulturen vermag ich bei der Kürze der Beobachtungsdauer noch

1) Münchener med. Wochenschr. 1889, No. 29.

keine bestimmten Angaben zu machen. Jedenfalls lassen sich Plattengüsse und Stichkulturen von Cholera, Milzbrand, Staphylococcus u. s. w. in jedem beliebigen Stadium viele Monate makroskopisch und mikroskopisch unverändert conservieren und es ist, da bei dem Verfahren eine Abtötung der Bakterien erfolgt, wahrscheinlich, dass man bei geeignetem Verschluss sowohl Plattengüsse als auch Stichkulturen wird dauernd conservieren können.

Doch ist nach meiner Ansicht auf eine derartige dauernde Conservierung an und für sich weniger Gewicht zu legen, ich halte es für richtiger, auch in den theoretischen Vorlesungen über Bakteriologie sich nicht an einmal vorhandene stereotype Schablonen zu halten, sondern auch hier stets immer wieder mit dem lebenden Material in Verbindung mit dem Experiment zu arbeiten. Dabei genügt es schon, Plattengüsse und Kulturen auf wenige Wochen unverändert fixieren zu können; man wird dann leicht in der Lage sein, für jeden Vortrag die jeweilig erforderlichen Plattengüsse und Kulturen in den verschiedenen charakteristischen Entwicklungsstadien auch sicher zur Verfügung zu haben, ohne mehr von Witterungsverhältnissen und sonstigen Zufälligkeiten abhängig zu sein. In diesem Sinne aber kann das Formalin jetzt schon als ein ganz vorzügliches Hülfsmittel für den bakteriologischen Unterricht bezeichnet werden.

Zur Kenntnis der Schmetterlingsschuppen[1]).

Von Arnold Spuler.

Schon im 17. Jahrhundert waren die Insektenschuppen bekannt und wurden auch abgebildet. Réaumur[2]) bespricht namentlich eingehender ihre Anordnung; Rösel von Rosenhof[3]) war meines Wissens der erste, der es versuchte, kompliziertere Farbeneffekte durch Studium der Schuppen zu verstehen; indess haben ihn die mangelhaften Hülfsmittel verhindert, zu richtiger Auffassung zu gelangen. Den feinern Bau der Schuppen haben zuerst Lyonnet[4]) und Deschamps[5]) festgestellt. Sie unterscheiden die Squamulae von den Plumulae, welch' letztere jetzt gewöhnlich als „Duftschuppen" bezeichnet werden. Mayer hat 1860[6]) von neuem diese Verhältnisse studiert und „fand im Allgemeinen bei den Schüppchen und Federchen nur 2 Schichten, und die Streifen in beiden gleichförmig verlaufen, bei jenen meist gerade oder hinten wenig gebogen, bei diesen dagegen schön nach hinten gebogen und später auch gerade." Auf der vorderen Schicht befinden sich Leistchen, aus Chitinkörperchen gebildet, welche die Träger der Schuppenfarben sind. Die Plumulae sind ebenso gebaut wie die Squamulae, durch hervorragen der Leistchen über die Schuppenspreite entsteht das federbuschartige Aussehen vieler Plumulae. „Der Stiel oder die Wurzel der Schüppchen ist vorn knopfförmig und steckt in einem nach einwärts umgestülpten Doppelsäckchen

---

1) In Kurzem werde ich an der Hand von Abbildungen mich in den Zool. Jahrbüchern über dieses Thema ausführlicher äussern.

2) Réaumur, Mémoires pour servir à l'histoire des insectes, T. I. 1734 p. 199—206.

3) Rösel von Rosenhof, Der monatl. herausgegeb. Insekten-Belustigung, 3. Teil 1755 p. 254 ff., tab. XLIV.

4) Lyonnet, Annales de museum d'histoire naturelle 1832.

5) Deschamps, ibidem 1835.

6) Mayer, Allgem. medic. Centralzeitung 1860 p. 772—74.

(Schuppenbalg) der Haut des Flügels, welches eine gelbe, fettölige Flüssigkeit enthält.“ Ueber die Schuppenbefestigung hat schon Deschamps richtige Angaben gemacht, die Mayer bestätigt. Genauere Angaben über dieselben habe ich nicht auffinden können.

Semper[1]) hat uns über die Entstehung der Schuppen berichtet; es beziehen sich indess seine Angaben nur auf die Squamulae, die je aus 1 Hypodermiszelle entstehen, während er über die Entstehung der Plumulae keine Angaben macht. Bis jetzt ist, soviel mir bekannt, von keinem der späteren Forscher dies studiert worden, leider hatte ich selber keine Zeit, dieser Frage näher zu treten.

Kettelhoit[2]) machte es sich zur Aufgabe, durch Untersuchung einer grössern Anzahl von Schmetterlingen festzustellen, in wie weit sich für die verschiedenen Abteilungen der Schmetterlinge charakteristische Formverschiedenheiten der Schuppen feststellen liessen und zwar nur an den sogenannten Normalschuppen der Oberseite der Vorderflügel. Er stellte fest, dass der allgemeine Typus der Schuppen, der Verlauf der Seitenränder und namentlich auch Vorkommen oder Fehlen eines Ausschnittes an der Basis der Schuppe für grössere Gruppen charakteristisch ist. Indes finden sich Ausnahmen, wie auch schon R. Schneider festgestellt hat.

Dieser[3]) gieng darauf aus, herauszufinden, wie sich die Schuppen der verschiedenen Flügel- und Körperteile zu einander verhalten. Die wichtigsten Ergebnisse seiner Untersuchungen, die ich völlig bestätigen kann, sind in folgenden Sätzen seines Teiles XIV niedergelegt[4]):

„1) Die Schuppen sind am Leibe am stärksten entwickelt, mit den bedeutendsten Processus, bei Rhopaloceren mit kleinstem, oft ganz fehlendem Sinus, — sinken auf den Wurzelfeldern schon an Grösse, — auf den Mittelfeldern noch mehr und werden auf den Randfeldern am kleinsten, — bei Rhopaloceren (und den

1) C. Semper, Ueber die Bildung der Flügelschuppen und Haare (Epidermoidalgebilde) bei den Lepidopteren, Ztschr. f. wiss. Zool. 1857, VIII.

2) Th. Kettelhoit, de squamis Lepidopterorum, Diss. Bonnae, 1870.

3) Schneider, Die Schuppen an den verschiedenen Flügel- und Körperteilen der Lepidopteren. Diss. inaug. zool., Halle 1878.

4) l. c. p. 53 u. 54.

wenigen Heteroceren) mit bedeutendstem Sinus, — allgemein mit abnehmenden Processus.

Mit steigender Hervorbildung der Processus sinkt also die Grösse des Sinus, mit steigender Hervorbildung des Sinus die der Processus."

„2) Die freien Randschuppen sind immer sehr lang und dünn, mit einigen sehr spitzen Processus und stets fehlendem Sinus, — und schliessen sich entweder unmittelbar an die typischen Randfelderschuppen an, oder werden durch einige Lagen schmäler werdender Uebergangsschuppen aus diesen vermittelt.

3) Die Cellula suprema (das Haftfeld) der Hinterflügel zeigt die eigentümlichen asymmetrischen Schuppen, bei Rhopaloceren schief genagelt, bei Heteroceren schief gerandet, die dann in symmetrische, aber noch fortsatzlose Schuppen übergehen, welch' letztere sich auf der Area basalis immer, auf der Area intima teilweise erhalten; diese gehen dann auf der Area media wieder in normale Schuppen über, die sich auf der Area limbalis völlig wie die der Vorderflügel stellen.

4) Die Schuppen der untern Seite sind gegen die der obern kräftiger entwickelt, — sowohl was allgemeines Volum, als auch Grösse der Processus betrifft."

5) Auf dem Haftfeld der Vorderflügel verhalten sich die Schuppen wie auf dem der Hinterflügel.

„6) Die Cellula suprema der Vorderflügel zeigt meistensteils durch Grösse und Processus ausgezeichnete Schuppen.

7) Die Thoraxschuppen werden repräsentiert bei den Rhopaloceren erstlich durch die kleinen, stark schwarz pigmentierten, — zweitens durch die sehr unregelmässig gebildeten, mit besonders scharfspitzigen Processus versehenen Schuppen, mit oft fehlendem Sinus und von schwankender, meist verhältnismässig unbedeutender Grösse; bei den Heteroceren sind die Thoraxschuppen ebenfalls durch sehr bedeutende Processus, zugleich aber durch die allgemeine Grösse ausgezeichnet, worin sie die Schuppen aller übrigen Körperteile übertreffen. Die grössten aller beobachteten Schuppen waren Thoraxschuppen von Heteroceren." (Macroglossa).

„8) An den Füssen zeigen die Schuppen des Femur gegen die der Tibia eine kräftigere Ausbildung, welches Verhältnis bei den Rhopaloceren konstant, bei den Heteroceren allerdings nicht immer mit Sicherheit zu erkennen ist.

Die anomalen Schuppen glasheller Stellen sowie Tüpfel und Federbuschschuppen sind aus dem Kreise der Gesetzmässigkeiten ausgeschlossen.“

Vor einigen Jahren habe ich dann in aller Kürze meine, auch durch das Studium feiner Schnitte gewonnenen, Resultate über den feineren Bau der Schuppen veröffentlicht.

Die Schuppen bestehen, wie ihre Entstehung erwarten lässt, aus 2 Schichten, einer hinteren (dem Flügel zugekehrten) glashellen dünnen Membran und einer vordern Platte, die mancherlei Differenzierungen zeigt. In den meisten Fällen erheben sich auf der Vorderfläche Längsreihen kleiner kegelförmiger Zäpfchen. Mit der hinteren Membran ist die vordere Schicht durch leistenförmige Chitinbrücken verbunden, die bei Normalschuppen regelmässig zwischen den Kegelleistchen auf der Vorderseite stehen. Bei den irisierenden und metallglänzenden Schuppen sind die Leistchen nicht in Höckerchen gegliedert und konvergieren an der Wurzel zum Stiel, an dem Ende der Schuppen entweder im ganzen nach der Mitte (z. B. Micropteryx) oder in den einzelnen Processus je nach deren Mitte (z. B. Plusia chrysitis, die messingfarbenen Schuppen). Eine stärkere Isolierung und Ausbildung der einzelnen Kegel findet sich andererseits auch, so bei weissen Schuppen (z. B. v. Van. atalanta). Gewöhnlich überragen die Leistchen das Ende der Schuppen nicht, indess findet sich derartiges, abgesehen von den Duftschuppen, hier und da in ausgesprochener Weise.

Zwischen den Leistchen können Querverbindungen vorhanden sein, die eventuell besser ausgebildet sind und dann die ganze Schuppenoberfläche in Felderchen einteilen. Die Verbindungen mit der hinteren Membran sind bei stärker modifizierten Schuppen unregelmässig, bald mehr bald weniger. In sehr ausgesprochener Weise ist es z. B. bei den blau schillernden Schuppen der Apat. seraphina der Fall, wo weit mehr Höckerchenreihen vorhanden sind, als Verbindungsleisten. Der Stiel der Schuppe ist hohl und sein Hohlraum steht mit den Hohlräumen zwischen den Verbindungsleistchen in Zusammenhang. Am Ende trägt er meist eine deutliche, knopfförmige Verdickung, ein Verhalten, das sich auch deutlich bei haarartigen Schuppen zeigt. Er sitzt in dem Schuppenbalg, einem Chitindoppelsäckchen.

Das Ende des Stieles (meist mit Knöpfchen) befindet sich im 2ten (innern) Teil des Säckchens. Im ersten ist der Stiel oft etwas aufgetrieben und an der Trennungsstelle der beiden Teile des Balges durch eine dort befindliche, ringförmige Chitinverdickung festgehalten. Die Vorderwand des äussern Säckchens kann verlängert sein, wodurch die Schuppe besser in ihrer Lage festgehalten wird, ein Verhältnis, das an den Randschuppen meist deutlicher ausgesprochen ist. Soviel über Bau und Befestigung der Schuppen.

Die Färbung durch Studium der Schuppen zu verstehen, versuchte zuerst Rösel, wie oben erwähnt wurde.

Für längere Zeit scheinen dann die Lepidopterologen dieser Frage nicht nachgegangen zu sein, wenigstens nicht in eingehenderen Untersuchungen.

Hagen[1]) hat vor einiger Zeit sich über Farben und Zeichnung geäussert; er teilt die Farben in dermale und hypodermale ein. Zu letzteren rechnet er auch grösstenteils die Schuppenfarben. Dem kann ich nicht beistimmen. Dagegen hat er das Zustandekommen optischer Farben in eingehenderer Weise diskutiert und in vielen Punkten kann ich seinen Ausführungen nur beipflichten.

Die ontogenetische Ausbildung der Farben im Puppenflügel haben Schäffer[2]), van Bemmelen[3]) und Dixey[4]) untersucht und festgestellt, dass zuerst gelb (grün), rot, braun und zuletzt schwarz entstehen.

Ueber das Zustandekommen der Farben im allgemeinen habe ich mich schon früher kurz geäussert[5]) und habe auch in einem

1) H. Hagen, On the color und the pattern of Insects. Proceed. Am. Acad. arts und sciences Vol. 17 p. 234—267.

2) C. Schäffer, Beiträge zur Histologie der Insekten. Zool. Jahrbücher Bd. III. 1889.

3) J. F. van Bemmelen, Die Entwicklung von Farben und Adern auf den Schmetterlingsflügeln. Nederl. dierk. Vereeniging Deel II. Afl. 4 1889. De ontwikkeling der Vlinderfleugels in de pop. K. Natuurk. Vereeng. in Nederlandsch-indie No. 6, 1890.

4) F. A. Dixey. On the phylogenetic signi ficance of the Wing-markings in certain genera of the Nymphalidae. Transact. Ent. Soc. London 1890 p. 89—129, T. 1-3.

5) A. Spuler, Zur Phylogenie der einheimischen Apatura-Arten. Stett. ent. Zeitung. 1890.

Falle ausführlich gezeigt, auf welchen Veränderungen im Bau der Schuppen der betreffende Farbeneffekt (das „Schillern“ der Apaturiden) beruht; damals habe ich auch die für die Färbung massgebenden Deckschuppen von den Stützschuppen unterschieden. Diese Arbeit scheint vollständig unbekannt geblieben zu sein, auch Urech, der sich seit längerer Zeit viel mit den Farben der Schuppen beschäftigt hat, wie eine Reihe von Publikationen aus seiner Feder uns zeigt.

Von der Färbungsähnlichkeit des Falterharnes mit dem Gesammtfarbenton der Flügel in vielen Fällen ausgehend[1]), kam er auf den Gedanken, dass zwischen beiden ein durch den Chemismus der betreffenden Organismen bedingter Zusammenhang bestehe. Er hat dann bestätigt, was schon Schäfer, aber auch von Bemmelen und Dixey behauptet haben, dass zuerst weisse (V. io) oder rötliche Farbentöne (V. urticae) über den ganzen Flügel verbreitet sind, und dann nach einander die gelben, gelb bis braunroten, braunen und schwarzen Farben entstehen. Diese ontogenetische Reihenfolge der Farben benützt er weiterhin zur Aufstellung einer parallelen phyletischen Reihe und nimmt dementsprechend an, dass die Vanessen zuerst weiss waren[2]); dies ist sicher unrichtig.

Wenn Urech meint: „die Thatsache, dass die Felderung (Farbenfelderung) der Flügelflächen z. B. der von mir untersuchten Vanessa-Arten in voller Schärfe auftritt, und konstant bleibt, bevor die speziellen Farben des fertig gebildeten auskriechenden Schmetterlings erscheinen, deutet darauf hin, dass diese Felderung auch phylogenetisch älter ist, als die spezielle Art der Farben des fertigen Schmetterlingsflügels“[3]), so glaube ich, ist das nicht ganz berechtigt.

Es kann das sehr wohl damit zusammenhängen, dass die Farben eben teilweise durch weitergehende Veränderung einmal

---

1) F. Urech, Chemisch-analytische Untersuchungen an lebenden Raupen, Puppen und Schmetterlingen und an ihren Secreten. Zool. Anzeiger 1890 pg. 272 ff. u. 309 ff.

2) Derselbe, Beobachtungen über die verschiedenen Schuppenfarben und die zeitliche Succession ihres Auftretens (Farbenfelderung) auf den Puppenflügelchen von Vanessa urticae und io. Zool. Anzeig. 1891 p. 466—473.

3) Zool. Anzeig. 1891 pg. 470.

gebildeter Farbstoffe entstehen, also die Succession wäre dann durch physiologische Momente bedingt, es könnte, obgleich die gelben und roten Farben früher sich entwickeln, sehr wohl eine mehr schwarze Varietät phyletisch älter sein. Die Differenzierungen der Färbung und Zeichnung sind nicht nach einander erfolgt, sondern mit einander. Schon die Zeichnungsvarianten, welche die Färbungsvarianten bei weitem an Zahl übertreffen, hätten Urech von der Unrichtigkeit seiner Auffassung überzeugen können, denn das phyletisch ältere wird doch nicht variabler sein, als das phyletisch jüngere!

Die hochinteressanten künstlichen Züchtungsversuche Standfuss'[1]), deren Schwierigkeiten zu überwinden diesem als Züchter einzig dastehenden Manne nur mit vieler Mühe gelang, werden aber wohl jeden von der Unhaltbarkeit der Auffassung Urechs überzeugen, sie zeigen zur Evidenz durch das Entstehen „phylogenetischer" Abweichungen, wie sie Standfuss benannt hat[2]), dass Zeichnung und Färbung sich zusammen differenziert haben.

In einer neueren Arbeit hat Urech[3]) eine umfangreiche Untersuchung über Schmetterlings- (und Käfer-) Schuppen veröffentlicht, deren Resultate er in übersichtlichen Tabellen vereinigt hat. Der Bedeutung der genauen Kenntnis der Schuppen für phyletische Studien ist er sich bewusst. Dem Verhalten auch einzelner Schuppen sei bisher keine tiefere Bedeutung für derartige Untersuchungen beigemessen worden, sagt Urech p. 307. Dem ist nicht so, wie er z. B. aus p. 274 meiner Apaturidenarbeit ersehen kann. Er hat einmal physikalisch, dann chemisch die Farben untersucht. Bei der ersteren Untersuchungsmethode ist er nirgends genauer auf die Formverhältnisse der Schuppen eingegangen, chemisch hat er das Verhalten (namentl. Löslichkeit

---

1) M. Standfuss, Ueber die Gründe der Variation und Aberration des Falterstadiums bei den Schmetterlingen. Entomologische Zeitschrift 1894. 8. Jahrgang No. 11—13.

2) Es gereicht mir zur Genugthuung konstatieren zu können, dass die von mir in meiner Schrift „Zur Phylogenie der einheimischen Apatura-Arten. Stett. Ent. Ztg. 1890 auf p. 269 ausgesprochene, durch vergleichendes Studium der Zeichnung gewonnene Auffassung der Verwandtschaft der Vanessen durch Standfuss' Resultate bestätigt werden.

3) F. Urech, Beiträge zur Kenntnis der Farbe von Insektenschuppen. Zeitschr. f. wiss. Zool. 57. Band 1893 pg. 306 ff.

und Farbenwechsel) der Farbstoffe bei Zusatz von Wasser, 10 und 28,5 % Salzsäure, 48 % Salpetersäure, 20 % Ammoniaklösung geprüft.

Ganz ähnliche Untersuchungen hat zuvor schon Coste[1]) angestellt, indess habe ich aus dem Bericht in „Nature“ nicht ersehen können, ob er auch die Schuppen, oder nur die Flügel in toto untersucht hat; viele Stellen scheinen mir zu beweisen, dass letzteres der Fall ist, so namentlich die Ausführungen über das Blau der Lycaeniden; denn wenn er Schuppen untersucht hätte, so müsste er zu richtigeren Aussprüchen gekommen sein.

Urech hat sehr richtig die Schuppen selbst untersucht, und er hat weit zutreffendere Ansichten geäussert als Coste, trotzdem kann auf den chemischen Teil seiner Arbeit der Ausspruch Hopkins gegenüber Coste[2]) angewandt werden, da seine Untersuchungen denen des letzteren ganz analog sind.

Dem Angreifen der physikalischen Probleme bei den Schmetterlingsfarben muss ein genaues Studium der Struktur der Schuppen vorausgehen. Dies vermisse ich in Urechs Publikationen und ohne die dadurch gewonnenen Kenntnisse ist es doch sicher nicht möglich, das Auftreten der Farbeneffekte zu verstehen.

Gelb, rot braun bis schwarz sind Färbungen, die in erster Linie auf Pigmentierung der Schuppen beruhen. Entweder ist das Schuppenchitin selbst gefärbt oder das Pigment ist in Körnern abgelagert. Mayer meinte, die Kegelchen, welche die Leistchen bilden, seien die Träger des Farbstoffes. Sie können es sein, aber gar oft sind sie es nicht. Stets indess ist die dünne hintere Membran frei von Pigmentkörnern. Bald liegen die Körner dicht gedrängt, die vordere Haut erfüllend, bald finden sie sich sowohl in dieser, wie auch in den Verbindungsleistchen, mehr weniger in bestimmten Beziehungen zur Schuppenstruktur gelagert. So sehen wir sie bei den braunen Schuppen von Galleria mellonella ziemlich regelmässig der Aussenfläche zwischen den Kegelchen-

---

1) F. H. Perry Coste, On insect colours, Nature Vol. XLV p. 513—517 und p. 541—542. Die ausführlicheren Artikel C.'s im Entomologist April 1890—Sept. 1891 waren mir leider nicht zugänglich.

2) F. G. Hopkins Pigments of Lepidopt., Nature Vol. XLV p. 581.

reihen eingelagert, besonders zahlreich in dem aufgetriebenen mittleren Teil der Schüppchen. Ausserdem finden sie sich, weniger regelmässig gelagert, in den Verbindungsleistchen, nahe der hintern Membran. Die Körnchen finden sich auch im Schuppenstiel und um denselben im Wurzelbalg. Aus letzterem Befunde kann man zu der Ansicht kommen, dass sie in der Mutterzelle der Schuppe gebildet und bei Ausbildung der Schuppen an der richtigen Stelle abgelagert werden, also nicht in loco zur Ausscheidung gelangen.

Bei den „physikalischen" Farben sind zwei Modi zu unterscheiden, entweder sie entstehen durch Reflexions- etc. Vorgänge innerhalb einer Schuppe, oder durch das Zusammenwirken zweier Schuppen.

Dieser letztere Modus findet sich in weitester Ausdehnung bei Blau, das, so weit meine Erfahrungen reichen, nie durch blaues Pigment erzeugt wird. Bei den Bläulingen (Lycaeniden) liegen im durchfallenden Lichte gelb erscheinende Schuppen ohne Processus und von glatter, leicht gerippter Oberfläche über dunkelbraun pigmentierten Schuppen. Ebenso giebt es bei den Vanessen keine „blauen Schuppen", sondern das Phänomen entsteht, wie bei den Lycaenen. Auf ähnliche Weise kann Grün, das nach Angabe der Autoren auch öfter Pigmentfarbe ist (ich selbst glaube, dass stets physikalische Momente mit in Betracht kommen), entstehen, indem gelbe Schuppen über blau schillernden liegen (Nematois), indess findet sich das nicht häufig. Sehr weit differenziert sind die spezifischen Schuppen z. B. des atlasblauen Pap. Ulysses. Sie erscheinen bei durchfallendem Lichte rotgelb. Ihre Vorderfläche ist durch Längs- und Querleistchen in polygonale Felder geteilt, bei auffallender Beleuchtung sieht man jedes Feld strahlend blau aufleuchten, ein reizendes Bild dem Auge bietend.

Eine Felderung der Schuppen, allerdings etwas anderer Art, findet sich bei den grünen von unserer Thecla rubi.

Nach dem ersten Modus entstehen z. B. die metallglänzenden Farben. Den Bau der betreffenden Schuppen habe ich schon vorhin erwähnt (cfr. p. 4). Das blaue Schillern wie es die Apaturiden zeigen, entsteht auch innerhalb einer Schuppe. Die Höckerchenreihen stehen bei den schillernden Schuppen, die meist ganz ohne Processus sind, — wie ja die meisten, welche glänzende Farben hervorrufen, — viel dichter als bei den andern, bei der viel stär-

ker schillernden tropischen Apat. seraphina viel dichter als bei den einheimischen Arten. An der Hand von Abbildungen habe ich früher diese Verhältnisse geschildert und darauf hingewiesen[1]) wie aus den Befunden über das Schillern und das allseitig sichtbare Blau der Lycaeniden zusammen mit dem Verhalten verwandter Arten zu schliessen ist, dass das Blau an einzelnen Flecken „lokal", das Schillern hingegen „diffus" entstanden sei. Die meisten farblosen Schuppen erscheinen bei auffallendem Lichte bläulich, während die oft gefalteten dünnen hinteren Membranen den Falten entlang häufig (z. B. bei Vanessen) schöne Interferenzfarben zeigen. Die Möglichkeit zum Entstehen von Interferenzfarben ist also schon durch die Struktur des Schuppen-Chitins überhaupt gegeben.

Was nun die physikalische Erklärung der Farben anlangt, so möchte ich mich mit dem Hinweis darauf begnügen, dass häufig die Schuppen die Komplementärfarbe der reflektierten im durchfallenden Lichte zeigen, analog den Newton'schen Farbenringen. Auf weitere Beispiele einzugehen, dürfte an dieser Stelle nicht angebracht sein.

Wir haben bis jetzt den feinern Bau sammt Befestigung und die Farben der Schuppen kennen gelernt, über die Anordnung derselben auf den Flügeln kann ich mich kurz fassen. Bei den niederen Formen stehen sie bald ganz regellos, bald ungefähr in Bänder bildenden Gruppen, bei den höchst differenzierten dachziegelartig übereinandergreifenden in regelmässigen Querreihen, die mit einander in Verbindung stehen, oder parallel verlaufen können.

Gestatten Sie mir jedoch, da wir es zum Verständnis der Phylogenie der Schuppen nötig haben, auf Gebilde an den Flügeln ausführlicher einzugehen, die eigentlich keine Schuppen sind. Wenn wir einen Flügel von einer Micropteryx betrachten, so sehen wir ausser den Schuppen noch stachelartige Gebilde, die Ausstülpungen der Flügelmembran sind, nicht wie die Schuppen in einen Balg eingesenkt. Dieselben sind viel zahlreicher als die eigentlichen Schuppen; gerade so ist es bei Hepialus. Wenden wir uns dem medialen Teil des Innenrandes der Vorderflügel zu und betrachten wir die Unterseite, so sehen wir bei Micropteryx und ganz ähnlich bei Hepialus diese

1) Zur Phylogenie der einheim. Apatura-Arten, Stett. ent. Ztg. p. 270—272.

Stacheln kräftiger gebaut und in dem Flügelrand parallele Reihen geordnet. Sie bilden so einen wichtigen Bestandteil des Verbindungsmechanismus der Vorder- und Hinterflügel.

Auch bei den Perliden und bei Blattiden, also bei Vertretern der verschiedensten Zweige des Ortho-Neuropteridenstammes finden sich die gleichen zwei Arten von Chitingebilden auf den Flügeln.

Ganz die gleichen Stacheln zeigen die Flügelflächen der Trichopteren, deren nahe Verwandtschaft mit den Schmetterlingen durch die Übergangsgruppen, die Micropterygiden und Hepialiden hierdurch auf's Neue dargethan wird.

Die Differenzierung eines „Haftfeldes“ zeigen indess nicht alle Trichopteren. Bei Philopotamus scopulorum ist es nicht vorhanden, bei Goera flavipes finde ich nur etwas enger und gleichgerichteter gestellte Stacheln, während Hydropsyche in grosser Ausdehnung kräftige Stacheln in regelmässigen Reihen besitzt.

Man dürfte wohl geneigt sein, aus dem gemeinsamen Vorkommen der Stacheln bei Micropteryx und Hepialus eine nähere Verwandtschaft beider Typen zu folgern, wie auch aus dem Vorhandensein eines „clavus“, was Comstock,[1]) der dem Gebilde den neuen Namen „jugum“ giebt, that. Das eine wie das andere wäre falsch. Das sind Charaktere, die uns den Differenzierungsgrad der Art angeben, nicht aber die Blutverwandtschaft. Denn einmal finden sie sich in weiter Verbreitung bei den Formen, die offenbar im Flügelbau mit Schmetterlingen verwandt sind, zweitens können wir den Beweis liefern, dass die Heteroceren, ausser den Geometriden, alle die fraglichen Stacheln gehabt haben müssen.

Oben habe ich gezeigt, wie das Haftfeld durch lokale Differenzierung der Stacheln entstanden ist. Dieses Haftfeld findet man nun in schwankender Ausbildung mit zahlreichen Modifikationen, die indessen nie das Wesen der Gebilde alterieren, bei allen Heteroceren, ausser den Geometriden und einigen Microlepidopterenfamilien; ebenso nicht bei den Rhopaloceren. Oft stehen die Stacheln, die einfache Chitinausstülpungen sind, wie Schnitte lehren, dem Innenrand ungefähr

---

1) Ich werde in der ausführlichen Arbeit auf C.'s Arbeit zurückkommen.

parallel, ähnlich auch bei Hepialus; bei Micropteryx dagegen senkrecht zum Innenrand, gegen den Vorderrand des Flügels gerichtet. Ihre Verhältnisse zeigen also eher eine grosse Kluft zwischen Hepialus und Micropteryx an, als die nach dem Vorkommen des clavus behauptete nähere Verwandtschaft. Dieses Haftfeld ist durch Modifikation der „Flügelstacheln“ entstanden; die Schmetterlinge, die es besitzen, müssen also Stacheln einst gehabt haben. Die Stacheln auf dem übrigen Flügel aufzufinden gelang mir, ausser bei den beiden uralten Gruppen und einigen Tineinen, nirgends; möglich, dass sie ausser am Haftfeld zu Stützschuppen geworden sind. Bei den Spannern und Tagfaltern finden wir an Stelle des Haftfeldes, dicht gedrängt, wie die Stacheln angeordnete Schuppen; Übergangsbildungen von Stacheln zu Schuppen habe ich nie angetroffen.

Diese Befunde zeigen uns die nahe Verwandtschaft der Bekleidung des Schmetterlingsflügels mit der desjenigen ganzen Arthropodenstammes, zu dem sie gehören, besonders ihrer nächsten Verwandten, der Trichopteren. Sie geben uns die Gewissheit, dass die Schmetterlingsschuppen den Haarschuppen der Phryganidenflügel homolog sind, wie ich schon früher behauptet habe[1]. Wir finden bei Schmetterlingen, z. B. bei Psychiden, Gebilde, die ganz den Trichopteren-Haarschuppen gleichen und von diesen stufenweise Übergänge bis zu den symmetrischen, mit tiefem Sinus versehenen Schuppen, welche für die Rhopaloceren charakteristisch sind.

In dem eben Vorgetragenen haben ich mich bemüht, Ihnen in gedrängter Form ein Bild von dem feineren Bau der Bedeckung des Schmetterlingsflügels zu geben, und die Phylogenie derselben darzulegen versucht. Sie haben, so hoffe ich, aus meinen Ausführungen ersehen, wie in mancherlei Hinsicht ihre genauere Untersuchung bei phyletischen Studien von Nutzen sein kann.

---

1) Zur Stammesgeschichte der Papilioniden, Zool. Jahrb. VI. Bd. 1892 p. 479.

Über den Zuckergehalt der vorwiegend zur Brodfabrikation verwendeten Mehle sowie der aus ihnen dargestellten Backwaren mit besonderer Berücksichtigung derselben für ihre Auswahl beim Diabetes mellitus.

Von Leopold Lewinski.

Die folgenden Untersuchungen sind auf Veranlassung und mit freundlicher Unterstützung des Herrn Prof. Dr. Fleischer angestellt worden.

Unter den verschiedenen Konstitutionskrankheiten hat von jeher das als Diabetes mellitus bezeichnete Leiden das allgemeine Interesse der praktischen Ärzte in Anspruch genommen. Seitdem in der Mitte des 17. Jahrhunderts zuerst das Auftreten von Traubenzucker im Urin als eines der charakteristischsten und konstantesten Symptome des Diabetes mellitus festgestellt worden war, und durch die Vervollkommnung der Untersuchungmethoden des Harns der Nachweis desselben ausserordentlich erleichtert wurde, machte die frühzeitige Erkennung der Erkrankung kaum noch irgendwelche Schwierigkeiten. Seit den ersten Arbeiten über Diabetes mellitus, die bereits mehr als 2 Jahrhunderte zuzückliegen, ist durch tausende und abertausende von sorgfältigen Beobachtungen das Krankheitsbild genau festgestellt worden, so dass es kaum eine andere Krankheit giebt, deren Symptomatologie selbst in ihren selteneren Erscheinungen so genau bekannt ist wie diejenigen des Diabetes mellitus. Weniger glücklich ist man dagegen bei den mannigfachen Bestrebungen gewesen, die Grundursachen jener interessanten Konstitutionskrankheit aufzuklären, obwohl auf die Erforschung derselben zahlreiche sehr bedeutende Physiologen, physiologische Chemiker, pathologische Anatomen, experimentelle Pathologen, Kliniker und Ärzte sehr viel Zeit und Mühe verwendet haben. Im Laufe der Zeit sind zahlreiche Theorieen über die Grundursachen des Diabetes mellitus aufgestellt

worden, doch keine derselben erfreut sich einer ganz allgemeinen Anerkennung.

Zahlreiche anatomische und experimentelle Beobachtungen weisen darauf hin, dass der Diabetes mellitus nicht durch die Erkrankung eines einzigen Organs z. B. des Pankreas, der Leber, der Nieren, des Nervensystems, wie man früher allgemein annahm, verursacht wird, sondern dass es sich bei demselben um eine allgemeine Konstitutionskrankheit handelt, deren Wesen bisher leider noch vollständig unbekannt ist, obwohl gerade für die erstere Annahme (eine Erkrankung des Pankreas als Ursache) die neuesten Arbeiten von v. Mehring, Minkowski u. a. zu sprechen scheinen, welche nach der vollständigen Exstirpation des Pankreas bei Hunden nicht nur Melliturie, welche zwar die wichtigste, aber nicht einzige Krankheitserscheinung des Diabetes ist, sondern auch die übrigen Symptome eines schweren Diabetes mellitus auftreten sahen. Nachdem einmal erkannt war, dass bei Diabetes mellitus der Organismus zeitweilig oder dauernd die Fähigkeit verloren hat, den mit den Speisen fertig zugeführten, sowie den unter der Einwirkung der diastatischen Fermente entstehenden Zucker vollständig zu verbrennen, dass ferner bei der reichlichen Anwesenheit des Zuckers im Blute und in den Geweben nachteilige Folgen erwachsen, lag das Bestreben nahe, den letzteren durch eine zweckmässige medikamentöse und diätetische Behandlung zu entfernen. Während über die günstige Einwirkung der empfohlenen Arzneimittel (es mögen hier nur die Opiate, die Carbolsäure, die Salicylsäure und ihre Salze, Arsenik genannt werden) bei den verschiedenen Formen des Diabetes mellitus die Ansichten noch weit auseinander gehen, und nur der günstige Einfluss der Karlsbader- und anderer ähnlich zusammengesetzter Mineralwässer in einem Teil der Fälle allgemein anerkannt ist, stimmen alle erfahrenen Beobachter darin überein, dass auf eine rationelle diätetische Behandlung der Schwerpunkt bei der Therapie zu legen ist, ohne welche eine medikamentöse Therapie ganz erfolglos ist. Schon am Ende des vorigen Jahrhunderts hat der englische Arzt Rollo über den Erfolg einer strikten Fleischdiät kombiniert mit der Darreichung von Opiaten ausführliche Mitteilungen gemacht, und es ist seitdem eine der wichtigsten Grundsätze in der Therapie des Diabetes mellitus, soweit als möglich eine Karenz (vollständige Vermeidung) der Kohlenhydrate durchzuführen. Aller-

dings gehen noch darin die Ansichten auseinander, ob nicht denjenigen Kranken, welche noch eine gewisse Toleranz gegen Kohlehydrate zeigen, indem sie einen kleinen Teil derselben zersetzen, die letzteren in beschränktem Masse zu gestatten seien, oder ob, wie es andere Kliniker wünschen, auch in diesem Falle eine reine Fett- und Fleischnahrung zu empfehlen sei. Bei den leichteren Formen des Diabetes mellitus, in welchen durch sorgfältige methodische Harnuntersuchungen festgestellt ist, dass der Organismus die Fähigkeit, den Zucker zu verbrennen, nicht vollständig verloren hat, sondern noch eine bestimmte Menge desselben, die in der Nahrung enthalten ist. so vollkommen zersetzt, dass der Urin zuckerfrei bleibt, dürften versuchsweise solche Speisen, die verhältnismässig kleine Mengen Zucker enthalten, aber selbstverständlich unter fortgesetzter Kontrolle der Patienten und in kürzeren Zwischenräumen vorgenommenen Urinuntersuchungen zu erlauben sein. Zu diesem Zwecke ist es aber dringend wünschenswert, dass nur solche Speisen gewählt werden, deren Zucker- und Stärkegehalt genau bekannt ist. Am schwersten ist es für den Diabetiker, im Beginne der Erkrankung auf die verschiedenen Brodarten und Backwaren, an die er von Jugend auf gewöhnt ist, völlig zu verzichten, und es braucht ihm auch, wenn er thatsächlich noch einen bestimmten Teil des Zuckers zu zersetzen vermag, ein vollständiger Verzicht auf dieselben nicht zugemutet zu werden, wenn die Menge des in den Backwaren vorhandenen Zuckers diejenige Quantität nicht übersteigt, die er noch vollständig zu verbrennen imstande ist. Noch besser wäre es allerdings, wenn es möglich wäre, ein schmackhaftes Brod herzustellen, das weder Zucker noch Stärke enthält. Doch scheint dies nach unseren Erfahrungen undurchführbar zu sein. Man hat sich zwar vielfach bemüht, für den Gebrauch des Diabetikers sogenanntes Diabetiker-Brod und -Zwieback herzustellen, doch werden unsere späteren Untersuchungsresultate zeigen, dass alle jene Surrogate für Brod nicht zuckerfrei sind, und diejenigen, welche am wenigsten Zucker enthalten, wegen ihres wenig ansprechenden Geschmacks kaum längere Zeit von den Diabetikern genossen werden dürften. Um einen Anhalt dafür zu gewinnen, welche Backwaren man bei den Patienten, bei denen eine strikte Fleischdiät nicht unbedingt erforderlich ist und in welcher Menge erlauben darf, sind in folgendem die gebräuchlichsten Brodarten, Zwiebäcke,

Cakes und das sogenannte Diabetiker-Brod, aus verschiedenen Quellen bezogen, einer genauen quantitativen Zuckeruntersuchung unterworfen worden. Am meisten bisher beliebt war das sogenannte Grahambrod, welches früher allgemein als zuckerfrei galt; doch werden wir später sehen, dass auch dieses die Ansprüche, die an dasselbe gestellt wurden, nicht vollständig zu befriedigen vermag. Es wurden 13 verschiedene Backwaren, die im folgenden noch genau angeführt werden, auf ihren Zuckergehalt geprüft und im Anschluss daran noch verschiedene zur Brodfabrikation verwendeten Mehle, ausserdem das Nestle'sche und Rademann'sche Kindermehl. Auch wenn man von dem praktischen Wert dieser Untersuchungen für die Behandlung des Diabetes mellitus absieht, bieten dieselben an sich ein gewisses Interesse in Rücksicht auf die Ernährung des gesunden und kranken Menschen. Es möge gleich hier hervorgehoben werden, dass die Arbeit noch keine völlig abschliessende ist, da in derselben nur der Gehalt der Mehle und Backwaren an fertigen Zucker nicht aber an Stärke, die ja, wie schon früher erwähnt, im Körper gleichfalls in Zucker übergeht, bestimmt wurde. Den letzteren zu ermitteln, wird einer anderen Arbeit vorbehalten sein.

Untersucht wurden folgende Brodarten: Schwarzbrod, Weissbrod, Kipfbrod, Römisches Brod, Kommissbrod, Pumpernickel, Grahambrod, Stark'scher Zwieback, Theecakes, Diabetes-Mandelbrod, die Aleuronatbrode und zwar das Suppenbiscuit, das „Aleuronat ohne Zucker“ und das „Aleuronat mit Zucker“, von den Mehlsorten das Weizenmehl, Roggenmehl, Griesmehl, Gerstenmehl, das Rademann'sche und Nestle'sche Kindermehl. Die quantitative Bestimmung des Zuckers wurde mit dem von R. Fleischer angegebenen Apparat ausgeführt, welcher aus verschiedenen Gründen in leichterer und einfacherer Weise zu handhaben ist als der Polarisationsapparat, und der weiterhin viel sicherere Resultate gibt als die Titrierung mit Fehling'scher Lösung. Der genannte Zuckerapparat basiert auf dem Prinzip der Zersetzung des Zuckers durch Hefe, durch welche derselbe in Alkohol und Kohlensäure zerlegt wird. Nach zahlreichen Beobachtungen, welche bereits in der vergangenen Zeit mit Hilfe des Apparates, sowohl bei der quantitativen, wie bei der qualitativen Bestimmung des Zuckers im Urin und im Magensaft angestellt wurden, hat sich gezeigt,

dass derselbe vollkommen allen an ihn zu setzenden Ansprüchen genügt, und dass bei der Anwendung desselben noch ganz kleine Mengen (0,1—0,2 Prozent) bei Berücksichtigung der nötigen Kautelen nachgewiesen werden können.

Der Apparat besteht aus einem Glaszylinder, welcher oben und unten etwas verengt und an dem oberen Ende mit einem gut schliessenden Gummistopfen versehen ist. Der untere Teil des Zylinders ist durch eine an der inneren Wand eingeschmolzene Glasplatte von dem oberen Teil abgeschlossen und steht durch eine in die Glasplatte eingefügte kleine Röhre mit diesem in Verbindung. Parallel mit dem Hauptzylinder, aber aussen, verläuft ein vom unteren Teil des Zylinders ausgehendes kalibriertes grösseres Rohr mit einem Trichter. Der Nullpunkt an diesem Rohr ist unten. Bei der Zuckerbestimmung wird durch dieses Rohr soviel Quecksilber in den Apparat eingegossen, dass die Oberfläche des Quecksilbers in der kalibrierten Röhre dem Nullpunkt entspricht.

In den Glaszylinder wird die zu untersuchende Flüssigkeit und darauf 2 gr Presshefe in wässeriger Lösung gebracht. Um der Mühe der Bestimmung des jedesmaligen Barometerdrucks und des Temperaturstandes überhoben zu sein, stellt man neben dem eigentlichen Apparat unter denselben Bedingungen noch einen Kontrollapparat auf, in den man 1 ccm 1 % Zuckerlösung bringt und gleichfalls dieselbe Menge Hefe hinzufügt.

Die gebildete Kohlensäure steigt als Gas in den oberen Teil des Zylinders und übt einen Druck auf das Quecksilber aus. Entsprechend der gebildeten Kohlensäuremenge, die wiederum von dem Zuckergehalt der betreffenden Lösung abhängig ist, steigt das Quecksiber mehr oder weniger über den Nullpunkt hinaus. Durch Vergleichen des Quecksilberstandes in beiden Röhren bestimmt man leicht den Zuckergehalt der zu untersuchenden Flüssigkeit. Steht z. B. das Quecksilber im Apparat doppelt so hoch als im Kontrollapparat, in dem sich 1 ccm 1 % Zuckerlösung befindet, so enthält die Flüssigkeit 0,02 gr, also 2 % Zucker.

Vor der quantitativen Zuckerbestimmung wurde jedesmal die qualitative Untersuchung ausgeführt, und zwar wurden dabei die Trommer'sche, die Moore'sche, die Nylander'sche und die Gährungsprobe benutzt. Einige Gramm des Brodes wurden mit etwa 20 ccm

dest. Wasser versetzt und einige Stunden stehen gelassen. Dabei zeigte es sich, dass einzelne Brodsorten längere Zeit brauchten, um eine deutliche Zuckerreaktion zu geben als andere. Alle angeführten Proben ergaben aber bei allen Brodsorten eine deutliche positive Reaktion.

Die quantitative Zuckerbestimmung wurde in folgender Weise vorgenommen.

Eine bestimmte Menge der Brosams, etwa 40 oder 50 gr, wurden genau abgewogen und in den Brütofen gestellt, wo sie bei einer Temperatur von etwa 40 Grad 24 Stunden lang getrocknet wurden. Die Brodmenge ergab dann natürlich ein geringeres Gewicht. Während die eigentlichen Brodarten dabei immer ziemlich viel an Gewicht einbüssten, blieben sich die feineren Backwaren wie Zwieback, Cakes etc. in ihrem Gewicht so ziemlich gleich. So verloren z. B. 40 gr Grahambrod durch das Trocknen 15 gr an Gewicht, während 40 gr Zwieback nur 2 gr, 40 gr Cakes 1,7 gr und Aleuronat-Biscuit nur einige Decigr. einbüssten.

Von dem getrockneten Brod wurde dann eine bestimmte Menge, circa 5 gr, die auf ihren Zuckergehalt untersucht werden sollte, abgewogen und mit 20 gr dest. Wasser eingeweicht. Nach mehrstündigem Stehen wurde diese Lösung filtriert. Nun wurden nach und nach immer 10 ccm Wasser zugesetzt, filtriert und jedesmal das betreffende Filtrat vermittels der Trommer'schen Probe auf Zucker untersucht. Dies wurde solange fortgesetzt, bis das Filtrat keine Zuckerreaktion mehr zeigte. Dies war der Beweis dafür, dass das betreffende Brodquantum keinen Zucker mehr enthielt, sondern ihn vollständig an das Wasser abgegeben hatte. Das wässerige Filtrat enthielt somit dann allen Zucker der betreffenden Brodmenge. Von dieser Lösung wurde dann eine bestimmte Menge, etwa 10--20 ccm, in den Apparat gebracht und der quantitativen Zuckerbestimmung unterzogen. Nach 24stündiger Gährung konnte man durch Vergleichen mit dem Quecksilberstand im Kontrollapparat die Zuckermenge der betreffenden Lösung bestimmen und danach den Zuckergehalt des untersuchten Brodes berechnen.

Bei dieser Art der Untersuchung, die wir bei dem ersten Versuch vornahmen, entstand aber eine Fehlerquelle insofern, als

bei dem allmählichen Nachgiessen von Wasser durch die verschiedenen qualitativen Zuckerproben dem Filtrat eine gewisse Menge der Lösung entzogen wurde, die natürlich auch eine bestimmte Menge Zucker enthielt.

Um daher ein genaues Resultat zu erhalten, wurde noch ein zweites Quantum Brod von dem gleichen Gewicht benutzt, und zu diesem die gesamte Wassermenge nach und nach zugesetzt, die bei dem ersten nötig war, um keine Zuckerreaktion mehr nachweisen zu können. Diese vereinigten Filtrate des zweiten Brodquantums enthalten dann den gesamten Zucker, der in dem Brod vorhanden war. Dies Quantum wurde dann zur Zuckerbestimmung benutzt, nachdem man sich noch überzeugt hatte, dass der Filterrückstand keinen Zucker mehr enthielt.

Eine weitere kleine Fehlerquelle ergab sich aus dem Umstand, dass die Zuckermenge in den verschiedenen Teilen des Brodes schwankte. Um diesen Fehler möglichst zu beseitigen, wurden bei jeder Brodsorte 3 Versuche gemacht, und aus den Resultaten das Mittel gezogen. So wurden aus verschiedenen Gegenden des Brodes 3 Quantitäten, meist 2 gr, 5 gr, 10 gr, der Zuckerbestimmung unterzogen. Auf diese Weise wurde der mittlere Zuckergehalt des getrockneten Brodes berechnet.

Von praktischer Bedeutung für die Diätetik des Diabetikers ist es natürlich, den Zuckergehalt des nicht getrockneten Brodes zu bestimmen, sowie er es als Nahrung zu sich nimmt. Da nun das Gewichtsverhältnis des getrockneten und nicht getrockneten Brodes bekannt war, so war es leicht, aus den gefundenen Resultaten die Zuckermenge des Brodes in nicht getrocknetem Zustand festzustellen. Die Resultate wurden bei allen Versuchen auf 100 gr Brod berechnet.

Es wurden zunächst die eigentlichen Brodarten auf ihren Zuckergehalt geprüft, das Schwarzbrod, Weissbrod, das Erlanger Kipfbrod, in dem Roggen- und Weizenmehl enthalten ist, Römisch-Brod, Kommissbrod, Pumpernickel und das Grahambrod, vom hiesigen Kaufmann Scholl bezogen, das mit Vorliebe Diabatikern verordnet wird. Folgende Tabelle zeigt den durchschnittlichen Zuckergehalt dieser Brode, auf 100 gr berechnet.

	Zucker
Kommissbrod	1,758 gr
Grahambrod	1,805 gr
Schwarzbrod	2,51 gr
Weissbrod	2,538 gr
Römisches Brod	3,224 gr
Erlanger Kipfbrod	3,696 gr
Pumpernickel	13,559 gr.

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, enthalten das Grahambrod und Kommissbrod die geringste Zuckermenge. Da das Kommissbrod wegen seiner schweren Verdaulichkeit als Nahrung für Patienten ungeeignet ist, so wird man mit Recht den Diabetikern das Grahambrod verordnen, das auch einen ganz angenehmen Geschmack besitzt.

Darauf wurden die feineren Backwaren, der Stark'sche Zwieback und Theecakes und ausserdem die Präparate untersucht, die als „zuckerfreie Diabetes-Brode“ von den Konditoren angepriesen werden. Zunächst das Diabetes-Mandelbrod, bezogen vom Konditor Hugo Steinkopf in Rudolstadt. Dasselbe besteht aus Mandeln, Eiern, frischem weissen Käse, Butter und einer Wenigkeit Kochsalz.

Dann das Aleuronat-Gebäck, von Konditor Merklein in Nürnberg, aus dem 3 verschiedene Arten gefertigt werden.

Das Suppenbiscuit wird vorzugsweise mit kochender Fleischbrühe übergossen und so als Suppe genossen. Die Masse besteht nach der Beschreibung des Konditors vorzugsweise aus Weizenmehl, Aleuronat, Butter, Eiern, Fleischextrakt, dem nötigen Salz und Gewürz. Die Masse enthält circa 25 % Aleuronatmehl.

„Aleuronat-Cakes ohne Zucker“. Hauptbestandteile desselben sind Weizenmehl, Aleuronatmehl (40%), ferner ein kleines Quantum Eidotter und Butter. Dies Gebäck wird meist als Beilage zu Thee und dergleichen empfohlen.

„Aleuronat-Cakes mit Zucker“. Dies Gebäck hat die gleiche Zusammensetzung wie die vorige Masse, nur sind circa 10% Zucker hineingegeben. Dies Gepäck wird gern zu Wein genommen. Die letzten 4 „Diabetes-Brode“ haben dem Geschmack nach

den Charakter des Brodes ganz verloren. Während das Mandelbrod einen ziemlich angenehmen, kuchenartigen Geschmack besitzt, haben die Aleuronat-Präparate einen faden, unbestimmten Geschmack, der wohl auf längere Zeit dem Diabetiker nicht behagen dürfte.

Folgende Tabelle zeigt den Zuckergehalt der feineren Backwaren, auf 100 gr berechnet.

	Zucker
Stark'scher Zwieback	9,5 gr
Aleuronat mit Zucker	9,24 gr
Thee-Cakes	4,532 gr
Aleuronat ohne Zucker	2,31 gr
Suppenbiscuit	1,97 gr
Diabetes-Mandelbrod	1,494 gr.

Die Aleuronat-Präparate waren schon in trocknem Zustand und brauchten nicht erst für die Untersuchung getrocknet zu werden. Wie aus den voranstehenden Tabellen hervorgeht, sind 13 verschiedene Brodsorten untersucht worden, und bei allen wurde eine bestimmte Zuckermenge festgestellt, die jedoch innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt. — Da bei scharfem Backen durch die Hitze ein Teil der Stärke des Mehles dextrinisiert wird, so ist die Rinde zuckerreicher als die tiefer gelegenen Teile des Gebäcks. Um nun festzustellen, um wieviel der Zuckergehalt der Rinde denjenigen der übrigen Teile übertrifft, wurde noch eine besondere quantitative Zuckerbestimmung der Rinde einzelner Brodarten angestellt. Leider lassen sich die Resultate schwer mit einander vergleichen, weil die Rinde viel trockner als das übrige Brod ist, selbst im (bei 40°) getrockneten Zustand.

Zur Untersuchung der Rinde eigneten sich von den 13 Brodsorten nur 5, das Schwarzbrod, Kipfbrod, Römisches Brod, Kommissbrod und das Grahambrod. Das Weissbrod besitzt eine sehr feine blättrige und mit dem Brosam fest zusammenhängende Rinde, die deshalb nicht gut zur Untersuchung verwendet werden kann, und die übrigen Brod- und Backwaren besitzen gar keine Rinde.

Die Brodrinde wurde zum Zweck der Untersuchung mit dem Reibeisen zerrieben und mit dem Mörser fein zerstossen. Die-

selbe wurde dann mit dest. Wasser versetzt und einige Stunden stehen gelassen. Auch hier ergaben bei der qualitativen Untersuchung die 4 oben genannten Proben bei allen Rinden eine deutliche Zuckerreaktion. Das Trocknen im Brütofen war nicht notwendig, da die Rinde an und für sich ganz trocken ist.

Die quantitative Untersuchung wurde hier in derselben Weise wie bei dem Brosam vorgenommen. Auch hier wurden von jeder Rinde 3 verschiedene Quantitäten aus verschiedenen Gegenden des Brodes zur Untersuchung verwendet, und dann die Durchschnittszahl genommen. Folgende Tabelle zeigt den Zuckergehalt der Rinde, ebenfalls auf 100 gr berechnet.

			Zucker
Rinde	von	Kipfbrod	1,879 gr
„	„	Schwarzbrod	2,39 gr
„	„	Römischbrod	2,48 gr
„	„	Grahambrod	3,821 gr
„	„	Kommissbrod	4,42 gr.

Zum Schluss wurden noch die gebräuchlichsten Mehle, aus denen die verschiedenen Brodsorten bereitet werden, untersucht; das Weizenmehl, Roggenmehl, Griesmehl, Gerstenmehl, ausserdem der Vollständigkeit halber das Nestle'sche Kindermehl, das sehr süss schmeckt, und dem offenbar eine grosse Menge Zucker zugesetzt ist, und ferner das Rademann'sche Kindermehl, das einen angenehmen, zwiebackähnlichen Geschmack hat.

Die qualitative Untersuchung wurde ebenso wie bei den Broden mit den gewöhnlichen Proben vorgenommen und ergab bei allen Mehlarten eine deutliche Zuckerreaktion.

Die quantitative Zuckerbestimmung konnte hier nicht in derselben Weise wie bei den Broden vorgenommen werden, da das in Wasser aufgeweichte Mehl einen Kleister giebt, der bei der Filtration durch das Filter fast vollständig mit hindurchgeht. Es wurde daher das zu untersuchende Mehlquantum selbst in den Apparat gethan und entsprechend mehr Wasser zugesetzt. Es mussten natürlich hierbei viel kleinere Quantitäten zur Untersuchung verwandt werden als bei dem Brod oder der Rinde. Es wurden auch hier bei jedem Mehl 3 Versuche angestellt und aus

den Resultaten das Mittel gezogen. Eine Trocknung der Mehle im Brütofen war nicht notwendig. Folgende Tabelle zeigt den Zuckergehalt der Mehle, auf 100 gr berechnet.

	Zucker
Roggenmehl	1,885 gr
Griesmehl	2,5 gr
Weizenmehl	3,82 gr
Gerstenmehl	5,45 gr
Rademann's Kindermehl	19,4 gr
Nestle'sches Kindermehl	32,6 gr.

Aus den zahlreichen quantitativen Zuckerbestimmungen, die in den Tabellen übersichtlich angeordnet sind, ergiebt sich, dass für den Diabetiker von den gewöhnlich genossenen Brodarten wegen seines relativen geringen Zuckergehalts am meisten das Kommissbrod, welches 1,76 % Zucker enthält, geeignet ist. Noch mehr zu empfehlen wegen seiner leichteren Verdaulichkeit ist das Grahambrod, dessen Zuckergehalt denjenigen des Kommissbrodes nur um 0,1 % übertrifft. Demnächst kommen Graubrod (auch Schwarzbrod genannt) mit 2,51 % und Weissbrod mit 2,54 %.

Etwas reicher an Zucker ist das Römisch-Brod, welches 3,22 % und das Kipfbrod, welches 3,7 % Zucker enthält. Am wenigsten empfehlenswert für den Diabetiker, um so wertvoller aber wegen seines grossen Nährgehaltes für den Gesunden, ist der Pumpernickel, welcher fast das achtfache an Zucker enthält als das Grahambrod und Kommissbrod, wahrscheinlich wegen des ziemlich reichlichen Zusatzes von Honig. Von den für den Diabetiker extra bereiteten Backwaren eignet sich am besten das Diabetes-Mandelbrod mit 1,5 %, welches somit ungefähr dem Grahambrod gleich steht, ferner das Suppenbiscuit mit 1,17 % und das Aleuronat ohne Zucker mit 2,31 %. Dagegen erhalten die Theecakes erheblich über die doppelte Menge an Zucker wie die vorher genannten Backwaren, nämlich 4,5 %, während der Stark'sche Zwieback und das „Aleuronat mit Zucker" fast das Siebenfache an Zucker enthalten, im Vergleich mit dem Diabetes-Mandelbrod, nämlich 9,24 und 9,5 %.

Unter den untersuchten Mehlarten besitzt das Roggenmehl,

aus dem ja hauptsächlich das Grahambrod dargestellt wird, den geringsten Zuckergehalt, nämlich 1,88 %, das Griesmehl ein wenig mehr 2,5 %, dagegen das Weizenmehl mehr als doppelt so viel Zucker als das Roggenmehl, nämlich 3,82 %. Sehr reich an Zucker und daher hauptsächlich für gesunde Kinder zu empfehlen, dagegen bei Diabetikern zu verbieten, ist das Rademann'sche Kindermehl mit 19,4 und das Nestle'sche Kindermehl mit 32,6 % Zucker.

Über die Beziehungen zwischen der Ventilation und dem Kohlensäuregehalt der Luft geschlossener Räume.

Von Reinhold Hübner[1]).

Aus dem physiologischen Institut zu Erlangen.

Nach dem Vorschlage von v. Pettenkofer gilt in der praktischen Hygiene der Kohlensäuregehalt der Luft als Maßstab für ihre Verunreinigung. Kohlensäurebestimmungen bilden daher die wichtigste Grundlage für die hygienische Beurteilung der Luft

In der Luft im Freien ist der CO_2-gehalt ein ziemlich konstanter, so verschieden und wechselnd auch die Quellen für die CO_2 sein mögen. Er beträgt nach den Angaben von Renk[2]) auf freiem Felde rund 0,3 Volumpromille, während die Luft der Städte durchschnittlich um 0,067 ‰ CO_2-reicher ist.

---

1) Vorliegende Arbeit ist die nachgelassene Inauguraldissertation des im Juli 1894 in Erlangen verstorbenen approbierten Arztes Reinhold Hübner aus Oberläutersdorf, Sächs. Oberlausitz.

Der Verfasser hatte zu Beginn vorigen Jahres das medizinische Staatsexamen bestanden und war im Begriff, auf Grund einer im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten Experimentaluntersuchung zu promovieren. Zwei Tage vor dem Termin des Rigorosums verunglückte er beim Baden in der Regnitz.

Da R. Hübner seine Dissertation der physikalisch-medizinischen Societät vorzulegen beabsichtigte, so hat die Gesellschaft gern Anlaß genommen, die Arbeit des Verstorbenen in ihren Berichten zu publizieren.

Die Durchsicht des Manuskriptes und die Korrektur der Druckbogen hat Herr O. Schulz übernommen. An dem Text ist wenig geändert worden; dagegen sind die dem Manuskript beigegebenen sehr umfangreichen Tabellen, welche die analytischen Daten sämtlicher Versuche enthalten, ganz fortgeblieben.

2) Fr. Renk, Luft. v. Ziemssen's und v. Pettenkofer's Handb. d. Hygiene I, 2, 2. Hälfte, S. 28.

Nach Uffelmann[1]) schwanken die Angaben über den CO_2-gehalt bei den verschiedenen Autoren zwischen 0,266 ‰ und 0,415 ‰. Uffelmann erklärt diese Differenz allein aus dem Umstande, dass nicht immer gleiche Methoden zur Untersuchung angewandt wurden, und dass die meisten derselben Fehlerquellen haben, welche erst durch lange, ausdauernde Übung auf ein bestimmtes, niederes Maß einzuschränken sind.

Uffelmann[2]) selbst fand bei seinen Untersuchungen den CO_2-gehalt in „völlig freier" Luft im Durchschnitt zu 0,318 ‰, das Minimum war 0,279 ‰, das Maximum 0,366 ‰. Er fand ferner die Luft auf dem Hofe der Universität Rostock 0,033 ‰ reicher an CO_2 als die auf freiem Felde.

Nach Blochmann[3]) beträgt der Unterschied im CO_2-gehalt zwischen der Luft im Freien und der in Städten 0,02—0,03 ‰.

Anders verhält es sich mit dem CO_2-gehalte der Luft geschlossener Räume. Dieser unterliegt sehr großen Schwankungen, die von den verschiedensten Faktoren abhängig sein können, von denen aber in hygienischer Beziehung ohne Zweifel zwei die wichtigsten sind: die Zunahme der CO_2 durch die Anwesenheit von Menschen und durch das Brennen von Leucht- oder Heizflammen.

Wie der CO_2-gehalt der Luft durch die Anwesenheit von Menschen in einem bestimmten Raume verändert wird, darüber liegen sehr zahlreiche Untersuchungen vor.

Bahring[4]) fand in den Klassen des Gymnasiums zu Celle die CO_2 zu 20—50 : 10000, v. Pettenkofer[5]) in dem von 70 Schülerinnen besetzten, 10000 Kubikfuß enthaltenden Zimmer einer Münchner Schule die CO_2 nach zweistündigem Unterricht zu 72 : 10000, Breiting[6]) in Basel

vor dem Unterricht	22,1 : 10000
vor der großen Pause	68,7 : 10000
nach der großen Pause	62,3 : 10000
nach dem Morgenunterricht	81,1 : 10000

1) Uffelmann, Arch. f. Hygiene Bd. VIII, S. 281.
2) Uffelmann, Arch. für Hygiene Bd. VIII, S. 283.
3) Blochmann, Liebig's Annalen Bd. 237.
4) Bahring, nach Varrentrapp, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesdhtspfl. Bd. I, S. 482.
5) v. Pettenkofer, Pappenheim's Monatsschr. 1872, II.
6) Breiting, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesdhtspfl. 1870, 1.

vor dem Nachmittagsunterricht	55,2 : 10000
nach dem Nachmittagsunterricht	93,6 : 10000
am Nachmittag im entleerten Zimmer	57,8 : 10000.

Uffelmann[1]) fand in der Luft seines Schlafzimmers abends 0,421 ‰ CO_2, morgens, nachdem eine Person in demselben geschlafen, 0,723 ‰, nachdem drei Personen in demselben geschlafen, 1,122 ‰ und ein anderes Mal 1,096 ‰ CO_2.

Über die durch Brennen von Flammen bewirkte Zunahme der CO_2 der Luft in geschlossenen Räumen liegen nur spärliche Angaben vor.

Nach Zoch[2]) bewirkte ein 48 Minuten langes Brennen einer Gasflamme in einem bestimmten Raume bei dem Gasverbrauch von 4 Kubikfuß eine CO_2-zunahme, die doppelt soviel betrug wie der Normalgehalt der atmosphärischen Luft an CO_2; beim Brennen einer Petroleumlampe in demselben Raum war die CO_2-produktion beträchtlich geringer, die niedrigsten Zahlen für die CO_2 lieferte die Oelbeleuchtung.

Zu wesentlich anderen Resultaten kam Cramer[3]). Nach ihm ist die CO_2-produktion je nach dem verwendeten Material eine höchst ungleiche, beim Petroleum verhältnismäßig am höchsten, geringer bei Paraffin, Talg und Stearin und am niedrigsten beim Leuchtgas.

In welcher Weise die CO_2-produktion einer in einem bestimmten Raume brennenden Flamme von der Ventilation dieses Raumes abhängig ist, darüber hat meines Wissens nur Emmerich gearbeitet; leider war es mir nicht möglich, seine diesbezügliche Arbeit im Original einzusehen.

Die nachfolgende Untersuchung, die auf Anregung und unter Leitung des Herrn Dr. O. Schulz durchgeführt wurde, hat nun gleichfalls versucht, die Abhängigkeit der CO_2-produktion einer in einem bestimmten Raume brennenden Flamme von der Ventilation auf analytischem Wege zu ermitteln. Da die Größe der natürlichen Ventilation genau kaum festzustellen ist, so habe ich, um diese ganz auszuschließen, zu meinen Versuchen einen Kasten benutzt, dessen Wände für Luft undurchgängig waren.

---

1) Uffelmann, Arch. für Hygiene Bd. VIII, S. 334.
2) Branislav Zoch, Zeitschr. f. Biologie Bd. III, S. 122.
3) Ed. Cramer, Arch. f. Hygiene Bd. X, S. 315.

Die Versuche wurden nach folgender Methode ausgeführt.

Der bei den ersten 68 Versuchen benutzte Kasten, der auch früher schon im hiesigen physiologischen Institute wiederholt ähnlichen Zwecken gedient hat, ist 85 cm lang, 21 cm breit und 35 cm hoch, hat also einen Inhalt von 62,5 l. Er ruht beweglich auf einem durch Schrauben luftdicht anzupressenden Boden. Das Gerippe des Kastens besteht aus Messingguss, die Schmalseiten ebenfalls, Langseiten und Decke aus Glasscheiben, die luftdicht in den Metallrahmen eingekittet sind. Der Ventilationsstrom trat am untern Ende der einen Schmalseite durch einen Rohransatz ein und wurde durch einen in die gegenüberliegende Wand nahe ihrem obern Rande eingesetzten Schlauchstutzen abgeleitet.

Bei den späteren Versuchen kam ein neuer Kasten in Anwendung, der für solche experimentelle Aufgaben geeigneter erschien. Dieser Kasten hat eine quadratische Grundfläche von 32 cm Seitenlänge und ist 40 cm hoch, hat also einen Rauminhalt von rund 41 l. Zwei seiner Wände bestehen aus Zinkblech, zwei aus Glasscheiben, die in Blechfalze eingekittet sind; seine Decke besteht ebenfalls aus Zinkblech. In die zwei Zinkblechwände sind je drei in der vertikalen Mittellinie der Wände liegende Rohrstutzen eingesetzt; die Decke trägt in ihrer Mitte gleichfalls einen Rohransatz. Die vier Wände sind an ihrer Basis von einem 2 cm breiten Zinkblechrande umgeben. Dieser Kasten ruht auf einem in seiner Mitte durchbohrten, starken Brett aus Eichenholz und kann mittelst Schrauben und eines eisernen Rahmens luftdicht an das Brett angedrückt werden.

Als CO_2-quelle diente in den ersten fünf Versuchen die Flamme einer Nachtkerze. Es zeigte sich jedoch sehr bald, dass solche Kerzen für meine Zwecke vollständig ungeeignet waren, einmal, weil ihre Flamme sehr niedrig und lichtschwach brannte und durch jede geringe Erschütterung oder plötzliche Verstärkung der Ventilation zum Verlöschen gebracht wurde, dann aber besonders, weil die Flamme keine gleichmäßige war und blieb, sondern, ohne dass eine Ursache hiefür wahrzunehmen gewesen wäre, bald höher, bald niedriger brannte.

In einer zweiten Versuchsreihe, Versuch 6—35 umfassend, arbeitete ich mit der von v. Hefner-Alteneck konstruierten Amylacetatlampe. Diese bewährte sich eine Zeit lang sehr gut, musste aber späterhin aufgegeben werden, weil die Schraubenvor-

richtung nicht funktionierte und so eine genaue Einstellung der Flamme unmöglich war.

Bei sämtlichen folgenden Versuchen wurde ein Gasbrenner benützt, der, ähnlich einer mikrochemischen Lampe, eine schmale, aber hohe Flamme lieferte. Das dem Brenner zugeführte Leuchtgas wurde durch eine von S. Elster, Berlin, gelieferte, sehr genau funktionierende Gasuhr gemessen und in zwei Türmen, von denen der eine mit trockenen Bimssteinstücken, der andere mit Chlorcalcium gefüllt war, getrocknet. Über die Schwierigkeiten, die sich bei der Benutzung des Gaslichtes herausstellten, will ich an einer anderen Stelle sprechen.

Aus dem oben beschriebenen Kasten gelangte die Luft durch eine Rohrleitung zu einem Erlenmeyer'schen Kolben, in welchem mittelst eines T-Rohres eine Teilung des Gesamtluftstromes stattfand. Der größere Teil desselben wurde, um gemessen zu werden, durch eine Gasuhr geleitet und gelangte von da zu einem Erlenmeyer'schen Kolben, der seinerseits direkt mit einer Körting'schen Wasserstrahlpumpe in Verbindung stand.

Der kleinere Teil des Luftstromes wurde durch zwei Erlenmeyer'sche Kolben, die mit einer Lösung von Baryumhydroxyd bis etwa zur Hälfte gefüllt waren, und von da durch zwei mit derselben Flüssigkeit gefüllte Pettenkofer'sche Röhren geleitet. Sodann passierte die Luft eine ebenfalls mit Barytwasser gefüllte und zur Kontrolle dienende sogenannte Indikatorflasche und trat schließlich in einen 24—25 l fassenden, auf hoher Wandkonsole ruhenden Ballon, welcher als Heberflasche diente. Zwischen Indikator- und Heberflasche war ein Hg-Manometer eingeschaltet zur Messung des Druckes der von der Heberflasche aspirierten Luft.

Zu Beginn eines jeden Versuches wurden Wasserpumpe und Heberflasche in Gang gesetzt. Aus letzterer lief das Wasser in eine kalibrierte Flasche, und der Versuch wurde so lange fortgeführt, bis die Flasche bis zu einer bestimmten Marke mit Wasser gefüllt war. Dies Volum war fast immer, wenigstens für eine größere Anzahl von Versuchen, eine konstante Grösse, die ich in den Tabellen mit V_h d. h. Heberventilation bezeichnet habe. Sowohl am Anfang wie am Ende jedes Versuches wurde der Stand der in den Hauptstrom der Ventilation eingeschalteten Gasuhr abgelesen; die Differenz bezeichnete die durch dieselbe geleitete Luft;

diese Größe habe ich mit V_p d. h. Pumpenventilation bezeichnet. Die aus dem Kasten abgesaugte Gesamtluft V_s setzt sich zusammen aus $V_h + V_p$.

Die analytische Bestimmung der CO_2 geschah nach der v. Pettenkofer'schen Methode. Die Luft des Teilstromes V_h passierte, wie schon erwähnt, 2 Erlenmeyer'sche Kolben und 2 Pettenkofer'sche Röhren, die zusammen mit 800 ccm Barytwasser gefüllt waren, und gab hierbei die CO_2 an das Baryumhydroxyd ab. Zum Beweise, dass wirklich sämtliche CO_2 von der Barytlösung absorbiert wurde, diente die hinter den Pettenkofer'schen Röhren eingeschaltete, ebenfalls mit Barytwasser gefüllte Indikatorflasche, welche am Ende eines jeden Versuches keine Trübung zeigen durfte. Die Absorptionsgefäße boten der Heberventilation einen so beträchtlichen Widerstand, dass am Ende eines jeden Versuches im Heberballon ein Unterdruck von 20—150 mm Hg herrschte. Die Größe des negativen Druckes war hauptsächlich von der Geschwindigkeit abhängig, mit der die Luft durch die Absorptionsgefäße geleitet wurde. Geschah dies z. B. sehr rasch, und waren die an den Pettenkofer'schen Röhren befindlichen Schraubenquetschhähne stark zugeschraubt, während die am Abflussrohr des Heberballons angebrachte Klemmschraube ganz entfernt war, so herrschte ein sehr hoher (ca. 150 mm Hg) Unterdruck. Die Druckerniedrigung wurde gleich nach Schluss jedes Versuches an dem hinter der Indicatorflasche eingeschalteten Hg-Manometer abgelesen.

Während der ersten Versuche war auch in die Pumpenventilation, d. i. in den durch die Gasuhr gehenden Strom V_p ein Hg-Manometer eingeschaltet zur Messung des Druckes in diesem Teilstrom. Hier war jedoch der Unterdruck so unbedeutend (meist nur 1 mm Hg) und dabei so konstant, dass er bei der Berechnung der Versuche keine Berücksichtigung gefunden hat.

Die Berechnung ist folgendermaßen ausgeführt worden.

Zunächst wurden die Werte von V_p und V_h auf 0° und 760 mm Hg-Druck reduziert. Als Temperatur der Ventilationsluft galt die Zimmertemperatur, als Druck von V_p der in dem auf hiesigem Marktplatze befindlichen Wetterhäuschen abgelesene und auf 0° reduzierte Barometerstand; als Druck von V_h dieser Barometerstand, vermindert um den am eingeschalteten Manometer abgelesenen Unterdruck. Die reduzierten Werte von V_p und V_h

sind in den Berechnungen mit V_p und V_{h_0} bezeichnet, $V_{h_0} + V_p$ mit V_{a_0}.

Da die CO_2 nur für das Volum der Heberventilation bestimmt wurde, so musste aus dem analytisch gefundenen CO_2-gehalte von V_{h_0} der CO_2-gehalt von V_{a_0} berechnet werden. Die Ausführung dieser Berechnung sei an den in Versuch 1 gefundenen Werten erläutert: $V_{h_0} = 19{,}28$ l, $V_{p_0} = 239{,}46$ l; hieraus folgt $V_{a_0} = 258{,}74$ l.

In 19,28 l sind auf Grund der titrimetrischen Analyse der Barytfüllung 32 Centigr. CO_2 enthalten, in der Gesamtventilation mithin $32 \cdot \frac{258{,}74}{19{,}28} = 32 \cdot \frac{V_{a_0}}{V_{h_0}}$ Centigr. CO_2.

Um die Gesamtkohlensäuremenge zu finden, muss man also den analytisch gefundenen Wert für die CO_2 der durch die Heberventilation abgesaugten Luft mit $\frac{V_{a_0}}{V_{h_0}}$ multiplicieren. Diesen Bruch $\frac{V_{a_0}}{V}$ habe ich mit f (V) d. h. Ventilationsfaktor bezeichnet.

Die dem Versuchsraume zugeleitete Zimmerluft wurde nicht von CO_2 befreit; ihr CO_2-Gehalt ist in der Voraussetzung, dass er keinen wesentlichen Schwankungen unterworfen sei, bei der Berechnung ganz unberücksichtigt geblieben.

Die von der Barytlösung absorbierte CO_2 wurde auf titrimetrischem Wege bestimmt. Um den aus der Veränderlichkeit der Oxalsäurelösungen möglicher Weise entspringenden Fehlern ganz zu entgehen, benutzte ich zur Titration verdünnte Schwefelsäure. Die Säure enthielt genau 22,2727 g H_2SO_4 im Liter; 1 ccm dieser Lösung entspricht 1 Centigr. CO_2. Es wurden jedesmal 100 ccm Barytlösung titriert. Als Indikator verwendete ich $^1/_2$% alkoholische Rosolsäurelösung. Von dieser wurden jedesmal 12 Tropfen den zu titrierenden 100 ccm Barytwasser zugesetzt.

Für die Titration von Barytwasser, das zur Absorption von CO_2 gedient hat, gilt bekanntlich die Vorschrift, dass man den Niederschlag von Baryumkarbonat sich gut absetzen lassen und dann aus der klaren Flüssigkeit die für jede einzelne titrimetrische Bestimmung erforderliche Probe mit der Pipette entnehmen soll. Ich habe es aber vorgezogen, den Karbonatniederschlag durch Filtrieren abzutrennen, nachdem ich die Erfahrung gemacht hatte, dass eine nachweisbare Abschwächung des Barytwassers bei sorgsamer Filtration nicht eintritt. Das Filter muss

nur gut bedeckt gehalten werden; der Trichter sei so groß, dass häufiges Nachgießen nicht notwendig ist, und das Trichterrohr so lang, dass es den Boden des Kolbens, in welchen man filtriert, fast berührt. Die Einwirkung der CO_2 der Zimmerluft ist alsdann ohne Belang.

Zur Erläuterung der weiteren Berechnung möge die Fortsetzung der Ausrechnung von Versuch 1 dienen. Hier betrug

der Anfangstiter für 100 ccm Barytwasser 34,3,
" Endtiter " " " " 30,3,
die Titerdifferenz (mit d bezeichnet) 4,0,
die Gesamttiterdifferenz (= D) für 800 ccm 8 . 4 = 32 ccm Schwefelsäure.

Der Ventilationsfaktor ist 13,42; folglich ist die Gesamtkohlensäuremenge

$$32 \cdot 13{,}42 \text{ Centigr.} = 4{,}2944 \text{ g.}$$

Hieraus wurde der Prozentgehalt der Ventilationsluft an CO_2 auf folgende Weise ermittelt:

1 l CO_2 wiegt bei 0° und 760 mm Hg-Druck 1,96664 g,

1 g CO_2 entspricht also $\frac{1}{1{,}96664}$ l CO_2,

4,2944 g CO_2 entsprechen $\frac{4{,}2944}{1{,}96664} = 2{,}1837$ l CO_2.

Diese 2,1837 l CO_2 waren enthalten in der gesamten Ventilationsluft, d. h. in 258,74 l Luft. Hieraus ergibt sich also, wenn x den Prozentgehalt der Ventilationsluft an CO_2 bezeichnet, die Gleichung:

$$2{,}1837 : 258{,}74 = x : 100, \text{ folglich}$$

$$x = \frac{2{,}1837 \cdot 100}{258{,}74} = 0{,}84396\,\%\ CO_2.$$

An dieser Stelle möchte ich noch mit einigen Worten einer Schwierigkeit gedenken, welche sich bei der Anwendung des Gaslichtes herausstellte. Diese Schwierigkeit bestand in den außerordentlich großen Schwankungen des Gasverbrauchs. Ohne dass irgend eine Änderung an der Stellung der Gashähne vorgenommen und ohne dass eine Änderung an der Grösse der Flamme wahrnehmbar wurde, betrug der Unterschied im Gasverbrauch, auf eine Minute berechnet, bis zu 40 ccm Gas bei einem mittleren Verbrauch von 160 ccm. Es wurde zunächst untersucht, ob die Schwankungen vielleicht durch eine Flamme von bestimmter

Größe hervorgerufen würden, und zur Entscheidung darüber wurden die verschiedensten Flammen, von den kleinsten bis zu den größten, durchprobiert, doch bei keiner schwand die Unregelmäßigkeit. Um diese endgültig zu beseitigen, schaltete ich dann einen Moitessier'schen Gasdruckregulator mit Glyzerinfüllung zwischen Gashahn und Elster'scher Uhr ein. Die Schwankungen wurden hierdurch beträchtlich geringer, sie betrugen im Durchschnitt etwa nur noch 5 ccm in der Minute, ganz verschwunden sind sie aber niemals.

Cramer[1]) machte bei seinen Versuchen ganz dieselbe Erfahrung; auch ihm gelang es nicht, nach Einschaltung des Moitessier'schen Druckregulators die Schwankungen im Gasverbrauch ganz zu vermeiden, gewisse Ungleichheiten bestanden fort, die jedoch im Vergleich zu den früher beobachteten unbedeutend waren. Cramer erklärt dieses Verhalten aus dem Wechsel des Gasdruckes in den Zuleitungsröhren aus der Gasanstalt. Nach den Beobachtungen, die ich im Laufe dieser Arbeit gemacht habe, reicht diese Erklärung allein nicht aus. Der Gasdruck schwankt in Erlangen zwischen 18—35 mm Wasser. Ich habe wiederholt den Gasdruck in der Rohrleitung während mehrerer Stunden verfolgt und von Zeit zu Zeit an der Gasuhr die verbrauchte Gasmenge abgelesen und habe auch dann noch nicht ganz unbeträchtliche Schwankungen im Gasverbrauch gefunden, wenn ein Schwanken des Gasdruckes am Wassermanometer nicht wahrnehmbar war.

Die fünf ersten, mit Nachtkerzen angestellten Versuche können aus den oben angeführten Gründen nur als Vorarbeit betrachtet werden; irgend welche Schlüsse lassen sich aus ihnen nicht ziehen.

Für die weiteren Versuche war zunächst die Entscheidung der Frage von größter Wichtigkeit, nach wie langer Zeit die Zusammensetzung der aus dem Kasten abgesaugten Luft eine gleichmäßige würde. Bei Beginn eines jeden Versuches ist die Zusammensetzung der abgesaugten Luft derjenigen der Zimmerluft gleich. Allmählich beginnt ihr CO_2-gehalt zu steigen und erreicht nach einer bestimmten Zeit ein Maximum. Ist dieses Maximum einmal erreicht, dann tritt ein Gleichgewichtszustand

1) Ed. Cramer, Arch. f. Hygiene Bd. X, S. 307.

ein, es wird nunmehr von der Flamme in der Zeiteinheit ebenso viel CO_2 gebildet, als durch die Ventilationsluft weggeführt wird. Bei der ersten Reihe der diesbezüglichen Versuche wurde als CO_2-quelle die Flamme der Amylacetatlampe benützt, im zweiten Teil eine Gasflamme.

Um die gefundenen Resultate übersichtlich zu machen, stelle ich die zur Lösung dieser Frage angestellten Versuche in der folgenden Tabelle I zusammen.

Die Ausführung dieser Versuche war derart, dass in den unter 1—8 aufgeführten eine Stunde lang allein durch die Pumpenventilation ventiliert und dann erst die Heberventilation in Gang gesetzt wurde. Gleichzeitig mit dem Ingangsetzen der Heberventilation, also in dem Augenblick, wo die CO_2-absorption in den Barytgefäßen begann, wurde, damit die Größe der Gesamtventilation sich nicht änderte, die Pumpenventilation um soviel erniedrigt, als die Heberventilation betrug; das war bei diesen Versuchen ungefähr 25 l. Bestimmt wurde also die von der Flamme während der zweiten Brennstunde gelieferte CO_2.

In den unter 9—22 in der Tabelle I aufgeführten Versuchen, bei denen es mir darauf ankam, mehrere CO_2-bestimmungen rasch an einander anzuschließen, blieb die Pumpenventilation 4 bis 8 Stunden in Gang, in der ersten Stunde immer allein, in den folgenden Stunden für die Dauer der messenden Versuche zusammen mit der Heberventilation. Während die Wasserstrahlpumpe die Ventilation besorgte, bereitete ich die Kette von Apparaten für die CO_2-bestimmung so vor, dass ich im gegebenen Augenblick nur einen Quetschhahn zu lösen brauchte, um die Heberventilation im Gang zu setzen. War V_h etwa eine Stunde im Gang gewesen, so brach ich den messenden Versuch durch Anlegung des Quetschhahns ab, entleerte rasch die Erlenmeyer'schen Kolben und Pettenkofer'schen Röhren, füllte sie wieder mit frischer Barytlösung und schloss nun so bald als möglich einen zweiten messenden Versuch an. Die vier Versuche 19—22 habe ich in dieser Weise innerhalb 8 Stunden ausgeführt. Wie aus dem Obengesagten schon hervorgeht, habe ich jedesmal beim Freigeben der Heberventilation die Pumpenventilation entsprechend abgeschwächt und umgekehrt beim Abschließen der Heberventilation, also in den Pausen zwischen den auf einander folgenden messenden Versuchen, die Pumpenventilation wieder auf ihre ursprüngliche Größe ein-

No. der Reihe	Fortl. No.	CO_2-Quelle	Ventilation in der Stunde	% CO_2 in der Ventilationsluft	Beginn der V_p.	Zeit der Einschaltung d. V_h	Dauer der Versuche	Bemerkungen
1	18	Amylacetatlampe	166,5 l	2,4677	4 U. 22 M.	5 U. 22 M.	66. Min. 2. Brennstunde	
2	20	„	161,8 „	2,5028	4 „ 7 „	5 „ 7 „	66 Min. 2. Brennstunde	
3	22	„	171,7 „	2,4363	7 „ 27 „	8 „ 27 „	66 Min. 2. Brennstunde	
4	23	„	170,1 „	2,425	3 „ 17 „	4 „ 17 „	62 Min. 2. Brennstunde	
5	26	„	165,8 „	2,5056	10 „ 45 „	11 „ 45 „	61 Min. 2. Brennstunde	
6	27	„	170,4 „	2,508	5 „ 48 „	6 „ 58 „	66 Min. 2. Brennstunde	
7	29	„	172,9 „	2,5073	2 „ 45 „	3 „ 45 „	78 Min. 2. u. 3. Brennst.	
8	31	„	178,5 „	2,4409	9 „ 50 „	10 „ 50 „	60 Min. 2. Brennstunde	
9	20	„	161,8 „	2,5028	4 „ 7 „	5 „ 7 „	66 Min. 2. Brennstunde	Vers. 9 u. 10 zusammenhängend
10	21	„	170,95 „	2,4848	6 „ 13 „	6 „ 39 „	66 Min. 3. u. 4. Brennst.	
11	24	„	170,7 „	2,533	3 „ 36 „	5 „ 36 „	65 Min. 3. Brennstunde	Vers. 11 u. 12 zusammenhängend
12	25	„	173,9 „	2,452	6 „ 41 „	7 „ 7 „	60 Min. 4. u. 5. Brennst.	
13	32	„	171,6 „	2,5632	3 „ 21 „	4 „ 21 „	65 Min. 2. Brennstunde	
14	33	„	172,9 „	2,5392	5 „ 26 „	7 „ 21 „	67 Min. 4. Brennstunde	Vers. 13 u. 14 zusammenhängend
15	34	„	159,9 „	2,5778	7 „ 6 „	8 „ 6 „	65 Min. 2. Brennstunde	
16	35	„	160,8 „	2,5736	9 „ 11 „	11 „ 5 „	62 Min. 5. Brennstunde	Vers. 15 u. 16 zusammenhängend
17	41	Leuchtgas	185,2 „	3,544	10 „ 7 „	1 „ 33 „	61 Min. 4. Brennstunde	
18	42	„	173,7 „	3,584	2 „ 34 „	2 „ 55 „	73 Min. 6. Brennstunde	Vers. 17 u. 18 zusammenhängend
19	43	„	170,5 „	2,677	8 „ 21 „	9 „ 21 „	62 Min. 2. Brennstunde	
20	44	„	168,1 „	2,691	10 „ 23 „	10 „ 43 „	60 Min. 3.—4. Brennst.	
21	45	„	172,3 „	2,686	11 „ 43 „	12 „ 2 „	62 Min. 5. Brennstunde	
22	46	„	169,4 „	2,659	1 „ 4 „	2 „ 57 „	58 Min. 7.—8. Brennst.	Vers. 19—22 zusammenhängend

gestellt, so dass der Brennraum immer gleichmäßig ventiliert blieb. Auf diese Weise gelang es, Ventilationsluft zur Untersuchung zu bringen, welche die von der Flamme während der zweiten bis achten Brennstunde gelieferte CO_2 enthielt.

In den Versuchen 1—8, die sämtlich in die zweite Stunde nach Entzündung der Flamme fallen, schwankte die Ventilation zwischen 161,8 l und 178,5 l in der Stunde, der Prozentgehalt der Ventilationsluft an CO_2 zwischen 2,425 und 2,508; die Differenz im CO_2-gehalt beträgt 3,4 % des kleineren Wertes.

Von den Versuchen 9—22 müssen die mit der Flamme der Amylacetatlampe angestellten (9—16 umfassend) besonders betrachtet werden. In diesen betrug die niedrigste Ventilation 159,9, die höchste 173,9 l, und der CO_2-gehalt der Ventilationsluft lag zwischen 2,452 % und 2,5736 %; die Differenz im CO_2-gehalt beträgt 5 % des kleineren Wertes. Es besteht also kein wesentlicher Unterschied im CO_2-gehalte der Ventilationsluft, mag der Versuch in die zweite oder in eine spätere Stunde nach Entzündung der Flamme fallen. Ebenso differieren diese Werte von den in Versuch 1—8 gefundenen so wenig, dass sie als übereinstimmend angesehen werden können. Ganz dasselbe Verhältnis zeigen die mit der Leuchtgasflamme angestellten Versuche. In Versuch 17 und 18 beträgt die Ventilation 185,2 l und 173,7 l, der Gehalt der Ventilationsluft an CO_2 3,544 % und 3,584 %; in den Versuchen 19—22, die bei etwas kleinerer Flamme ausgeführt wurden, liegt der CO_2-gehalt zwischen 2,659 und 2,691 %, während die Ventilation zwischen 168,1 und 172,3 l schwankt. Es besteht also auch hier Uebereinstimmung im CO_2-gehalte der Ventilationsluft, gleichgiltig, ob der Versuch in die zweite oder eine beliebig spätere Brennstunde fällt.

Das Resultat, das sich aus dieser Versuchsreihe folgern lässt, kann dahin zusammengefasst werden, dass nach Ablauf einer Stunde die Luft eines Raumes, in welchem eine Flamme von mittlerer Grösse brennt, bei stündlich dreimaliger Erneuerung der Luft ihr Maximum an CO_2 erreicht, und dass der CO_2-gehalt in den späteren Stunden, sofern die Ventilation und die Zufuhr von Brennmaterial sich nicht ändern, innerhalb so geringer Grenzen schwankt, dass er als konstant betrachtet werden kann.

In einer zweiten Versuchsreihe stellte ich mir die Aufgabe, die Flammenhöhe zu messen, in der Meinung, dass sich vielleicht

zwischen dieser und dem CO_2-gehalte der Ventilationsluft eine bestimmte Beziehung finden lassen würde. Zur Messung der Flammenhöhe wurde folgende Einrichtung getroffen. Ein etwa 15 cm langer und 3 cm breiter Spiegel wurde an seiner spiegelnden Fläche so mit Millimeterpapier überklebt, dass in seiner Mitte nur ein schmaler Spalt übrig blieb, eben groß genug, um noch eine gute Beobachtung des Flammenbildes zu gestatten. Auf das Millimeterpapier wurde eine Zahlenskala aufgetragen. Diesen Spiegel befestigte ich der Flamme direkt gegenüber an der Innenfläche der einen Langseite des Kastens. Um das Spiegelbild der Flamme genau beobachten zu können, legte ich auf die andere Langseite des Kastens in der Höhe der Flammenspitze einen Streifen schwarzer Pappe, in welchen ein Loch von kaum mehr als 1 mm Durchmesser eingeschnitten war. Von diesem Loch aus konnte ich über die Spitze der Flamme hin scharf nach deren Spiegelbild visieren und an der Papierskala die Flammenhöhe ablesen, ohne dass die Beobachtung durch parallaktische Fehler getrübt worden wäre.

Die 12 in dieser Richtung angestellten Versuche sind in Tabelle II, nach der Höhe der Flamme geordnet, zusammengestellt. Der CO_2-gehalt der Ventilationsluft nimmt in ihnen augenscheinlich mit der größeren Flammenhöhe zu, ein Abhängigkeitsverhältnis beider von einander lässt sich wohl aus den beiden ersten Parallelreihen der Tabelle II herausfinden. Jedoch scheint mir vorläufig die durch wechselnden CO_2-gehalt hervorgerufene Vergrößerung oder Verkleinerung eines Gasflämmchens noch zu minimal, um als ein Maß für den CO_2-gehalt gelten zu können. Es ist möglich, dass es bei einer glücklicher gewählten Versuchsanordnung gelingt, das Verhalten eines Leuchtflämmchens als Kriterium für die Beurteilung des CO_2-gehaltes der Zimmerluft zu benutzen.

Tabelle II.

No. der Reihe	Fortlf. No.	% CO_2 der Ventilations-luft	Flammen-höhe	Ventilation
1	50	1,42	30—31 mm	169,7 l
2	47	1,399	30—31 „	164,7 „
3	48	2,226	32—33 „	170,6 „
4	49	2,063	32—33 „	172,1 „
5	46	2,659	33—35 „	169,4 „
6	44	2,691	34—35 „	168,1 „
7	43	2,677	35 „	170,5 „
8	45	2,686	34—36 „	172,3 „
9	38	2,708	35—38 „	173,9 „
10	41	3,544	43—44 „	185,2 „
11	42	3,584	43—45 „	173,7 „
12	40	3,915	45—47 „	178,3 „

Eine andere Reihe von Versuchen sollte ermitteln, ob bei gleicher Ventilationsstärke eine Veränderung im CO_2-gehalte der Ventilationsluft sich zeige, wenn diese an verschiedenen Stellen des Kastens abgesaugt würde. Zu diesem Zwecke habe ich, um die Luft aus der Nähe der Flamme abzusaugen, bei dem größeren Kasten eine 15 cm lange Glasröhre mittelst Gummistopfens in die Abzugsöffnung eingefügt. Bei dem neuen Kasten wurde die Luft abwechselnd durch den obersten und den untersten Rohrstutzen abgesaugt, während sie durch das unterste oder das oberste Loch eintrat, so dass der Ventilationsstrom das eine Mal in der Richtung von unten nach oben, das andere Mal in der Richtung von oben nach unten durch den Kasten ging. Eine einfache Überlegung musste zu der Annahme führen, dass die Ventilationsluft dann reicher an CO_2 sein müsse, wenn sie näher der Flamme abgesaugt würde, ferner dass eine Zunahme der CO_2 in der Ventilationsluft sich geltend machen könne, wenn der Luftstrom in der Richtung von oben nach unten den Kasten passierte; falls nämlich die CO_2, ihrer Schwere folgend, sich am Boden des Kastens ansammelte, so musste sie leichter von dem absteigendem Ventilationsstrom mitgerissen werden. Durch die Untersuchungen, die von verschiedenen Forschern hierüber gemacht worden sind, wurde die Richtigkeit dieser Annahme sehr in Zweifel gestellt. Renk[1]) sagt:

1) Fr. Renk, Die Luft. v. Ziemssen's und v. Pettenkofer's Handb. d. Hygiene I, 2, 2. Hälfte, S. 31.

„Neuere Untersuchungen über die Verteilung der Kohlensäure machten jedoch noch auf einen anderen hierbei zu berücksichtigenden Faktor, die mechanischen Strömungen in der Luft, im Gegensatze zu den Diffusionsströmen der einzelnen Gase aufmerksam". (Forster, Zeitschr. f. Biologie Bd. II, S. 392; Erismann, ebend. Bd. XII, S. 315; Forster und E. Voit, ebend. Bd. XIII, S. 1.)

Forster hatte allein und später mit E. Voit die Beobachtung gemacht, dass unter gewissen Umständen eine Ansammlung von Kohlensäure in den unteren Partieen eines Raumes stattfinden könne, dann nämlich, wenn mechanische Strömungen, welche eine Mischung der verschiedenen Luftschichten verursachen könnten, fehlen. Die Erwärmung eines Raumes durch einen Ofen, ja selbst die Erwärmung, welche die Luft in Berührung mit dem menschlichen Körper erfährt, sowie das Umhergehen und Arbeiten von Menschen verursachten in jenen Versuchen Luftströmungen, die eine Mischung der Luft mit der künstlich entwickelten Kohlensäure herbeiführten. Erismann fand, dass, wenn CO_2 aus Chemikalien entwickelt und gleich temperiert mit der in seinem Versuchsraume enthaltenen Luft in diesen eingeleitet wurde, der größte Teil davon sich am Boden des Raumes lagerte, dass dagegen, wenn die CO_2 an der Einströmungsstelle erwärmt, oder wenn sie durch brennende Kerzen im Versuchsraume selbst erzeugt wurde, die Verteilung eine viel gleichmäßigere war als im ersten Falle. Es geht daraus hervor, dass für die Verbreitung der spezifisch schwereren Kohlensäure in der leichteren atmosphärischen Luft mechanische und besonders thermische Strömungen in höherem Grade in Betracht kommen als die Diffusion der Gase. „Hauptsächlich sind es die durch Temperaturdifferenz bedingten Strömungen in der Luft eines Raumes, welche zu einem raschen Ausgleiche des CO_2-gehaltes der Luft führen, gegen sie treten mechanische Bewegungen durch Ventilationsapparate und besonders die Diffusion bedeutend zurück."

Budde[1]) kam bei seinen Versuchen zu ähnlichen Resultaten. Auch er konnte eine regelmäßige Abnahme des CO_2-gehaltes vom Boden gegen die Decke hin nicht nachweisen. Im Gegenteil zeigte sich, dass, wie auch die Form der Ventilation und die Art der

---

1) Budde, Ueber die Ventilation bewohnter Räume, Zeitschr. f. Hygiene Bd. VIII, S. 520.

Heizung gewählt werden mochte, kohlensäurereichere Luftschichten mit kohlensäureärmeren in verschiedenen Höhen wechselten.

Vergleichen wir die Resultate der in Tabelle III angeführten Versuche mit einander, so lässt sich nirgends ein deutlicher Unterschied im CO_2-gehalte der Ventilationsluft herausfinden, mag die Luft aus der Nähe der Flamme abgesaugt worden sein, oder mag der Ventilationsstrom von oben nach unten oder von unten nach oben gerichtet gewesen sein. Die Erklärung für diesen Befund giebt das oben angeführte Citat aus dem Werke von Renk.

Tabelle III.

Nr. der Reihe	Fortl. Nr.	CO_2-gehalt der abgesaugten Luft	Ventilation in der Stunde	Nr der Reihe	Fortl. Nr.	CO_2-gehalt der abgesaugten Luft	Ventilation in der Stunde
Glasröhre eingefügt				ohne Glasröhre			
1	53	1,408 %	175,2 l	1	65	1,4599 %	206,5 l
2	64	1,3195 „	175,9 „	2	58	1,295 „	222,1 „
3	62	1,134 „	179 „	3	56	1,2143 „	224,9 „
4	55	1,306 „	181,6 „	4	54	1,2285 „	225,15 „
5	57	1,4269 „	186 „	5	59	1,2778 „	232,6 „
				6	60	1,2726 „	233,3 „
Lufteintritt: unterster Rohransatz Luftaustritt: oberster „				Lufteintritt: oberster Rohransatz Luftaustritt: unterster „			
1	81	3,649 %	119 l	1	82	3,355 %	117 l
2	84	3,2159 „	119 „	2	83	3,1334 „	121,3 „
3	75	2,1873 „	129,9 „	3	76	2,295 „	132,3 „
4	87	2,996 „	174 „	4	88	2,9549 „	176 „
5	90	3,1415 „	174 „	5	89	2,959 „	195,3 „
6	80	2,2016 „	234 „	6	79	2,14 „	238,4 „
7	74	1,9289 „	262 „	7	72	2,0058 „	262,2 „
8	71	1,9557 „	265 „	8	73	1,998 „	264 „
9	77	2,0043 „	306,3 „	9	78	1,9512 „	307,4 „

Nachdem diese Fragen erledigt waren, wurde zur Bearbeitung des eigentlichen Themas, der Abhängigkeit des CO_2-gehaltes von der Ventilation, übergegangen. Um eine Grundlage für die Beurteilung dieser Abhängigkeit zu gewinnen, habe ich eine große Anzahl von Versuchen durchgeführt.

Bei denselben ist die Rechnung insofern erweitert worden, als aus dem analytisch gefundenen Wert für die bei jedem einzelnen Versuch erzeugte CO_2 die auf 1 l verbrannten Leuchtgases entfallende CO_2-menge berechnet wurde. Das verbrauchte Leuchtgasquantum wurde auf 0° und 760 mm Hg reduziert; eine Berücksichtigung des Gasdruckes hat dagegen nicht stattgefunden. Wie schon erwähnt, schwankt der Gasdruck in Erlangen zwischen 18—35 mm Wasser, die größte Differenz beträgt also ca. 20 mm Wasser oder ungefähr 1,5 mm Hg. Dieser Wert macht aber bei der Reduktion so wenig aus, dass man ihn, ohne dadurch einen irgendwie nennenswerten Fehler zu begehen, vernachlässigen kann.

Eine Analyse des Erlanger Leuchtgases, die zur Beurteilung der in den Versuchen gefundenen Werte für die von 1 l Leuchtgas gelieferte CO_2-menge herangezogen werden könnte, ist nicht gemacht worden. Als Anhaltspunkte dienten die von Fischer[1]) und Schilling[2]) gemachten Angaben. Nach dem ersten Autor giebt 1 cbm Leuchtgas bei der Verbrennung 0,570 cbm CO_2 oder, in g umgerechnet, liefert 1 l Leuchtgas 1,121 g CO_2. Nach Schilling entwickeln 100 Vol. Leuchtgas 68,08 Vol. CO_2, 1 l Leuchtgas also 0,681 l CO_2 oder 1,339 g CO_2. Wie ersichtlich, besteht zwischen beiden Analysen eine grosse Differenz (ca. 19 %), die sich aus der verschiedenen Zusammensetzung des Leuchtgases an den verschiedenen Orten erklärt. Aber auch in einundderselben Stadt ist die Zusammensetzung des Leuchtgases keineswegs konstant, da das aus den Retorten austretende Gasgemisch sich mit den unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Beschaffenheit der Kohlen und in dem Gang der Verkokung ändert. Es war deshalb bei meinen Versuchen von vornherein anzunehmen, dass die auf 1 l verbrannten Leuchtgases berechneten CO_2-mengen keinen konstanten Wert ergeben, sondern eine in einer gewissen Breite hin und her schwankende Größe darstellen würden.

Die Ventilation hat bei meinen Versuchen zwischen 117—420 l in der Stunde gewechselt, d. h. die Luft in dem Kasten ist 3—10 mal stündlich erneuert worden.

Bei der schwächsten Ventilation, also bei einer Ventilation von 117 l in der Stunde betrug der Gehalt der abgesaugten Luft

---

1) Fischer, Chemische Technologie S. 963.

2) Schilling, Handbuch der Gasbeleuchtung S. 90.

an CO_2 rund 3,5 %. Das auffallendste hierbei war der außerordentlich niedrige Wert, der für die von 1 l Leuchtgas gelieferte CO_2-menge gefunden wurde. Er war jedenfalls sowohl nach den von Fischer und Schilling angegebenen Werten, als auch nach den Resultaten der Versuche mit höherer Ventilation um ein beträchtliches zu klein. Diese Erscheinung ist folgendermaßen zu erklären. Nach Erismann[1]) ist in einer Leuchtflamme eine vollständige Verbrennung nur möglich bei Anwendung von gereinigtem Leuchtmaterial, bei möglichst gleichmäßiger Zufuhr desselben zur Flamme, bei genügender Erhitzung an der Stelle, wo die Verbrennung stattfindet, damit die Vergasung der Kohlenwasserstoffe vollständig vor sich gehe, — und endlich bei einer gewissen Größe der Luftzufuhr. Bei den hier beschriebenen Versuchen spielt neben der allerdings nur wenig ungleichmäßigen Zufuhr des Leuchtgases zur Flamme letzterer Faktor die Hauptrolle: eine Ventilation von 117 l Luft in der Stunde reicht zur vollständigen Verbrennung des der Flamme zugeführten Leuchtgases nicht aus. Welche Produkte sich bei einer solchen unvollständigen Verbrennung bilden, habe ich nicht näher untersucht. Um aber dafür, dass in der That die Verbrennung unvollkommen bleibe, einen sichern Beweis zu liefern, habe ich die Anwesenheit von CO in der Ventilationsluft konstatiert, und zwar auf folgende Weise. Ein aus drei aneinander geschmolzenen geräumigen Glaskugeln bestehender Apparat[2]) wurde mit etwas Blut beschickt und in den Weg der Pumpenventilation eingelegt: enthielt die aus dem Kasten abgesaugte Luft Kohlenoxyd, so musste dies in dem Blute zurückbleiben. Es wurden in dieser Weise drei Versuche angestellt. Bei dem ersten ging der Pumpenstrom eine halbe Stunde durch etwa 25 ccm Blut, bei den beiden andern eine Stunde lang durch 5 ccm Blut. Die Ventilation betrug in den drei Versuchen 132, 150 und 159 l in der Stunde. Im ersten lieferte 1 l Leuchtgas 0,66411 g CO_2, im zweiten 0,96935 g CO_2 und im dritten 0,9283 g CO_2. Der Nachweis, dass sich in dem durchströmten Blute Kohlenoxydhämoglobin gebildet hatte, wurde durch das Spektroskop und die Natron-

1) Erismann, Zeitschr. f. Biologie Bd. XII, S. 320.

2) Der Apparat wird im hiesigen physiologischen Institute zur Demonstration der Farbenveränderungen, welche das Blut beim Durchleiten von CO, H_2S, CO_2, O und anderen Gasen erleidet, benutzt.

probe erbracht. Für den ersten Versuch fiel dieser Nachweis negativ aus. Dagegen wurde für die beiden andern Kohlenoxyd mit Sicherheit konstatiert: das Blut zeigte im Spektrum zwischen D und E die bekannten, den Oxyhämoglobinstreifen naheliegenden Absorptionsstreifen, die nach Zusatz von Ammoniumsulfid auch bei längerer Beobachtung nicht schwanden; ebenso zeigten nach Zusatz von 20%iger Natronlauge die Blutproben die für Kohlenoxydhämoglobin beweisende zinnoberrote Färbung.

Wie groß musste nun bei meinen Versuchen die Ventilation sein, damit sie zur vollständigen Verbrennung des Leuchtgases genügte? Offenbar genügte sie dann, wenn bei der Analyse der Ventilationsluft so viel CO_2 gefunden wurde, als von dem verbrannten Gase erzeugt werden konnte. Nach Fischer soll 1 l Leuchtgas 1,12 g CO_2 liefern. Einen fast ebenso großen Wert, nämlich 1,1317 g CO_2, habe ich bei einer Ventilation von 174 l erhalten. Aus dieser Uebereinstimmung und mehr noch daraus, dass die CO_2-werte für 1 l verbrannten Leuchtgases auch bei ganz beträchtlich stärkeren Ventilationen nicht wesentlich von 1,13 g differierten, war mit Sicherheit zu entnehmen, dass eine Ventilation von 174 l unter den gewählten Versuchsbedingungen eine vollständige Verbrennung herbeigeführt habe.

Bei den Versuchen mit unzureichender Luftzufuhr ließen sich an der Flamme einige interessante Beobachtungen machen. Es zeigte sich nämlich bei einer stündlichen Ventilation von 117—160 l die Flamme so vollkommen entleuchtet, dass es absolut unmöglich war, sie mit dem Auge wahrzunehmen. Man hätte glauben können, sie sei erloschen, wenn nicht die größere Wärme, die an den Blechwänden des Kastens zu fühlen war, sowie das Wiederaufleuchten der Flamme beim Abheben des Kastens das Gegenteil bewiesen hätten. Diese Beobachtungen stimmen mit den von Rosenthal[1]) gemachten vollkommen überein. Rosenthal hatte, um diese Erscheinung demonstrieren zu können, einen aus enger, runder Oeffnung austretenden Gasstrahl entzündet, der eine schmale, leuchtende Flamme von 3—4 cm Höhe lieferte. Diese umgab er mit einem zylindrischen Glimmerschlot von 3 cm Durchmesser und 8 cm Höhe. Der Schlot wurde unten abge-

---

1) J. Rosenthal, Zur Theorie der Flamme. Münch. med. Wochenschr. 1888, S. 155.

schlossen durch einen messingenen Teller, welche von kleinen, den Brenner konzentrisch umgebenden Löchern durchbohrt war. Durch diese Löcher trat die Zimmerluft zur Flamme und entwich mit den Verbrennungsprodukten oben aus dem Glimmerzylinder. Legte man auf die Mündung dieses Zylinders einen Deckel so auf, dass diese nicht vollkommen abgeschlossen wurde, so zuckte die Flamme auf und rußte für eine ganz kurze Zeit, um dann scheinbar zu erlöschen; in Wirklichkeit brannte sie weiter, jedoch so vollkommen entleuchtet, dass sie nur bei tiefer Beschattung des Brenners eben noch zu sehen war. Rosenthal gibt für dieses Phänomen folgende Erklärung: „Wenn unsere Flamme in der gewöhnlichen Anordnung brennt, so strömt die atmosphärische Luft in Form eines zylindrischen Mantels an der in der Axe brennenden Flamme vorbei, und nur ein sehr geringer Teil des Sauerstoffes dieser Luft beteiligt sich an dem Verbrennnngsvorgang. Die Mischung zwischen Luft und Gas ist eine unvollkommene und genügt nicht zur Erzeugung einer nicht leuchtenden Flamme. Wird aber die Luftströmung durch starke Verengerung der Abzugsöffnung sehr herabgesetzt, so breitet sich das aus der Brennöffnung ausströmende Gas seitwärts aus, diffundiert in die es umgebende, fast ruhende atmosphärische Luft hinein und mischt sich so vollkommen mit ihr, dass die Verbrennung sofort (ohne vorherige Ausscheidung glühend werdender Kohlenpartikelchen) zur Bildung der nicht leuchtenden Flamme führt.“

Bei den Versuchen, in denen wegen unzureichender Ventilation die Flamme vollständig entleuchtet war, hat der Gehalt der Ventilationsluft an CO_2 nur in einem Versuche 4 °/₀ erreicht, in den übrigen hat er im Durchschnitt 3,5 °/₀ betragen. Dieser Befund steht in Widerspruch zu einer Beobachtung von Emmerich[1]) oder geht wenigstens über dessen Beobachtung wesentlich hinaus. Emmerich gibt an, dass, wenn der CO_2-gehalt der Luft auf 6 °/₀ steigt, die Flamme „klein und entleuchtet“ wird, dass sie bei 8 °/₀ CO_2 erlischt. Nach meinen Versuchen findet die Entleuchtung einer Flamme bei einem viel geringeren CO_2-gehalte der Luft statt, nämlich bei 3,5 °/₀. Außerdem habe ich niemals beobachten können, dass vor der Entleuchtung die Flamme klein

1) Emmerich, Münch med. Wochenschr. 1888, S. 412.

würde, ich habe im Gegenteil stets wahrnehmen können, dass die Flamme sehr lichtschwach, dabei aber gerade sehr groß wird.

Bei welchem CO_2-gehalt der Luft eine Flamme erlischt, ist von mir nicht festgestellt worden.

Bei einer Ventilation von etwa 170 l stündlich und einem CO_2-gehalte der Ventilationsluft von etwas mehr als 2,5 % wird die Flamme wieder wahrnehmbar, sie brennt dann, wie erwähnt, sehr lichtschwach; nur ihre Spitze leuchtet, während der übrige Teil noch vollständig farblos ist. Dabei ist sie geradezu auffallend hoch, so dass sie beim Abheben des Kastens förmlich zusammenfällt.

Die Grenze, bei welcher die Flamme völlig normal erscheint, d. h. die gleiche Form und gleiche Helligkeit zeigt, wie wenn sie ausserhalb des Kastens brennt, dürfte nach meinen Beobachtungen bei einer Ventilation von 240 l in der Stunde und bei einem CO_2-gehalte der Ventilationsluft von etwas über 2 % liegen.

Diesen Angaben liegen die mit dem kleineren Kasten ausgeführten Versuche zu Grunde. Bei allen ist die Flamme dieselbe gewesen — sie hat ununterbrochen und unverändert, sowohl in den Pausen zwischen den einzelnen Versuchen wie während der Nacht, weiter gebrannt —, bei allen ist zu Beginn eine Stunde lang allein durch die Pumpenventilation ventiliert und dann erst die Heberventilation eingeschaltet worden, so dass also stets die während der zweiten Versuchsstunde erzeugte CO_2 bestimmt wurde.

Die Versuche, bei welchen die Flamme in dem größeren Kasten brannte, zeigen, wie aus der auf der nächsten Seite stehenden Tabelle IV, A zu ersehen ist, etwas andere Verhältnisse. Bei diesen Versuchen habe ich die von der Flamme während der ersten 30 bis 45 Minuten gelieferte CO_2-menge bestimmt; ein Gleichgewichtszustand im CO_2-gehalte der Ventilationsluft konnte dabei nach den früheren Beobachtungen noch nicht eintreten. Infolgedessen sind die von 1 l Leuchtgas gelieferten CO_2-mengen in diesen Versuchen viel geringer als in jenen mit einer ein- oder mehrstündigen Vorperiode. Dass der Fortfall einer Vorperiode in der That der einzige Grund für diesen Befund ist, beweisen die wenigen Versuche, bei denen absichtlich nicht die Ventilationsluft der ersten Versuchsstunde, sondern die einer späteren auf ihren CO_2-gehalt untersucht worden ist.

Tabelle IV, A.

Fortl. Nr.	Ventilation in der Stunde	CO_2 geliefert von 1 l Leuchtgas
	l	g
52	158,1	0,52894
51	159,9	0,47643
47	164,7	0,73947
37	167,1	0,79042
50	169,7	0,7672
38	173,9	1,0312
53	175,2	0,56084
39	175,8	0,87962
64	175,9	0,57534
66	176,5	0,65816
62	179	0,60496
61	180	0,64704
53	181,6	0,6236
41	185,2	1,0766
57	186	0,68523
36	197,3	0,97448
68	198	0,62827
65	206	0,65183
58	221,1	0,83302
56	224,9	0,82252
54	225,2	0,71177
63	227	0,7697
59	232,6	0,9221
60	233,3	0,86372
67	257	0,75206

Bei diesen Versuchen, die ich in der Tabelle IV, B zusammengestellt habe, betrug bei einer Ventilation von 170 l die von 1 l Leuchtgas gelieferte CO_2-menge 1,1182—1,2276 g; sie kommt also den von Fischer angegebenen Werten vollkommen gleich.

Die Versuche, bei denen die Flamme in dem größeren Kasten brannte, lehren also, von welcher Bedeutung die Innehaltung einer Vorperiode bei derartigen Untersuchungen ist. Eine vergleichende Prüfung der Zahlen der Tabelle IV, A zeigt, dass,

Tabelle IV, B.

Fortl. Nr.	Ventilation in der Stunde	CO_2 geliefert von 1 l Leuchtgas
	l	g
48	170,6	1,1972
45	172,3	1,19
49	172,1	1,1182
40	178,3	1,2276

wenn in der Ventilationsluft der ersten Versuchsstunde die CO_2 bestimmt wurde, die von 1 l Leuchtgas gelieferten CO_2-mengen so großen Schwankungen unterworfen waren, dass sich irgendwelche Beziehungen zwischen CO_2-gehalt und Ventilationsstärke nicht herausfinden lassen.

Die mit dem kleineren Kasten angestellten Versuche habe ich nach der Größe der Ventilation in der Tabelle V zusammengestellt. Der Gehalt der Ventilationsluft an CO_2 hat bei diesen Versuchen zwischen 4,002 $^0/_0$ und 1,4531 $^0/_0$, die Ventilation zwischen 117 l und 421 l geschwankt, die Differenz im CO_2-gehalte beträgt also im Maximum rund 2,5 $^0/_0$, die in der Ventilation 300 l. Nähme der CO_2-gehalt der Ventilationsluft, wie man erwarten könnte, ganz gleichmäßig in demselben Maße zu, wie die Ventilation fällt, wäre also, um es kurz auszudrücken, der CO_2-gehalt umgekehrt proportional der Ventilationsstärke, so müsste bei einer Steigerung der Ventilation um 30 l eine Abnahme des CO_2-gehaltes um 0,25 $^0/_0$ eintreten. Ein solches mathematisches Verhältnis lässt sich nun aus der Tabelle V nicht entnehmen. Ja, es unterliegt auch bei gleicher Ventilation der CO_2-gehalt der Ventilationsluft nicht unbedeutenden Schwankungen. Bei den Versuchen mit geringer Ventilation, bei welchen das Leuchtgas unvollständig verbrannte und jene Schwankungen außerordentlich hohe waren, wirkt dieser Umstand so störend, dass eine Beziehung zwischen CO_2-gehalt und Ventilationsstärke überhaupt nicht auffindbar ist. So finden wir in Versuch 76 bei einer Ventilation von 154 l stündlich die von 1 l Leuchtgas gelieferte CO_2-menge zu 0,6283 g und den CO_2-gehalt der Ventilationsluft zu 2,295 $^0/_0$, in Versuch 111 bei einer Ventilation von 150 l stündlich die von 1 l Leuchtgas gelieferte CO_2-menge

Tabelle V.

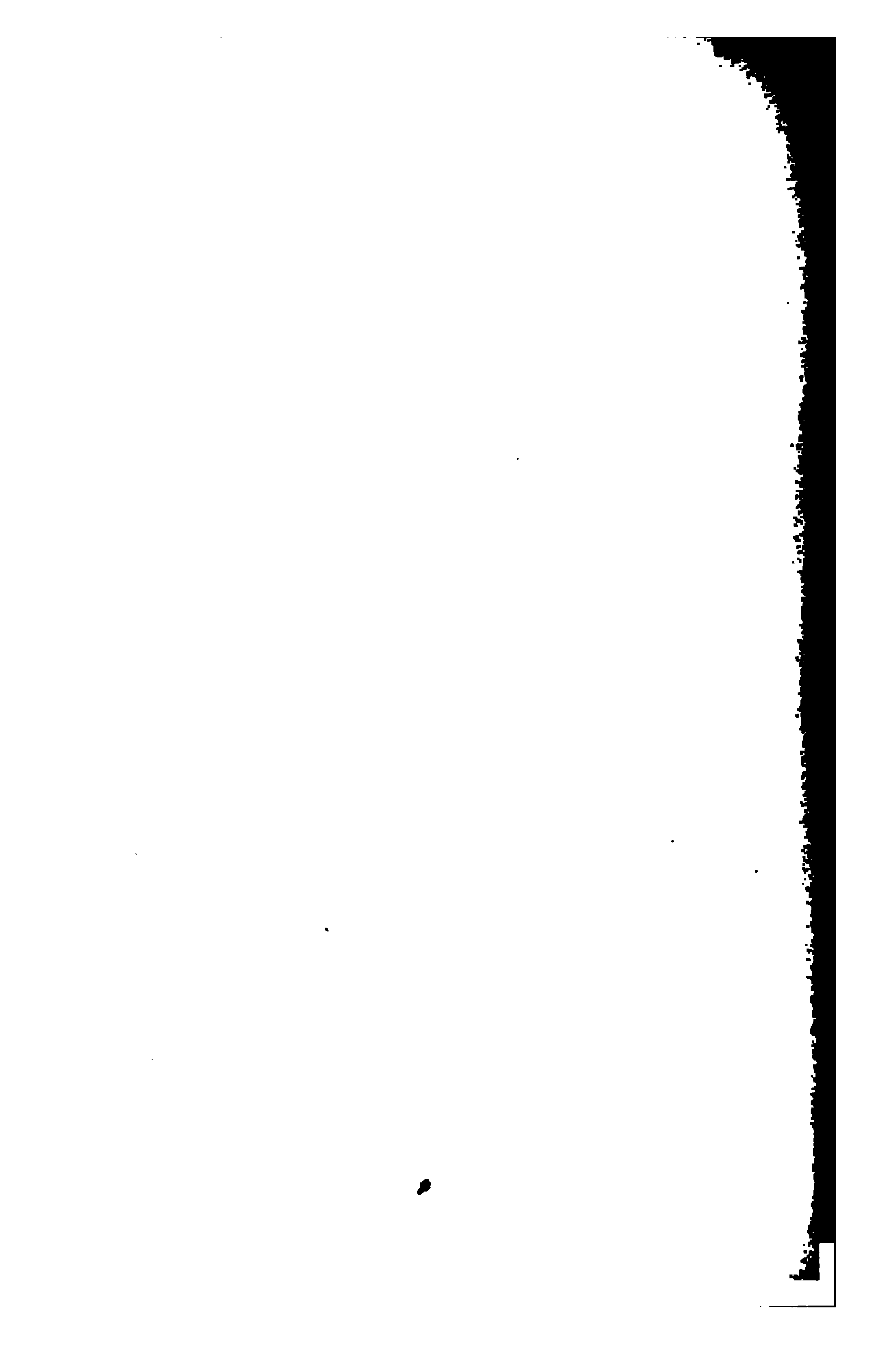
Fortl. Nr.	Ventilation in der Stunde	CO_2 in der abgesaugten Luft	CO_2 geliefert von 1 l Leuchtgas
	l	%	g
82	117	3,355	0,83073
81	119	3,649	0.93055
84	119	3,2159	0,76674
83	121,3	3,1334	0,76247
75	129,9	2,1873	0,56793
110	132,2	2,9513	0,66411
76	132,3	2,295	0,6283
111	150	4,002	0,96935
115	154,1	3.842	0,9674
85	155,5	3,13	0,99102
112	159	3,578	0,9283
113	159,7	3,781	0,9619
87	174	2,996	1,0165
90	174	3,1415	1,1317
88	176	2,9549	1,0195
114	179,1	3,805	1,148
89	195,3	2,959	1,187
79	238,4	2,1408	1,1267
80	234,6	2,2016	1,1753
70	261,5	2,0262	1,1893
74	262	1 9289	1,111
72	262,2	2,0058	1,1541
73	264	1,998	1,12
71	265	1,9557	1,1303
69	272,6	1,9086	1,166
78	307,4	1,9512	1,287
98	323,5	1,948	1,2594
109	323,7	1,9925	1,0963
103	346,3	1,7439	1,1014
107	352,8	1,9644	1,1509
108	361	1,9103	1,1855
104	365,9	1,7059	1,2194
106	375	2,0082	1,253
105	386	1,6558	1,2461
96	393,3	1,5938	1,1886
94	395	1,5785	1,1924
95	397,5	1,5266	1,192
97	400,4	1,4913	1,1825
99	403,5	1,4886	1,1575
101	404,3	1,4531	1,1126
100	421,4	1,524	1,218

zu 0,96935 g und den CO_2-gehalt der Ventilationsluft zu 4,002 %. In den Versuchen dagegen, wo die Ventilation größer, und besonders wo für 1 l verbrannten Leuchtgases immer die gleiche CO_2-menge gefunden wurde, zeigt sich mit der Steigerung der Ventilation eine ganz gleichmäßige Abnahme im CO_2-gehalte der Ventilationsluft. Die Erklärung dafür, dass auch bei den Versuchen mit hoher Ventilation, wo die Verbrennung des Leuchtgases sicher eine vollständige war, die von 1 l Leuchtgas gelieferten CO_2-mengen noch gewisse Schwankungen aufweisen, — in unseren Versuchen zwischen 1,10 g und 1,29 g — ist zu suchen nicht sowohl in der wechselnden Zusammensetzung des Leuchtgases, als vielmehr in der ungleichmäßigen Gaszufuhr zum Brenner, welche auch während des messenden Versuches noch Schwankungen im CO_2-gehalt der Kastenluft herbeiführt.

Die praktische Nutzanwendung, die sich aus vorliegender Arbeit ergibt, ist vor allem die, dass in Räumen, deren Luft sehr viel Kohlensäure enthält, und in denen die Ventilationsverhältnisse ungünstig sind, Leuchtgasflammen sich zur Beleuchtung nicht eignen, einmal weil sie sehr lichtschwach brennen, dann aber besonders wegen der Bildung von Kohlenoxyd und anderen schädlichen Produkten einer unvollkommenen Verbrennung. Als solche Räume kommen in Frage häuptsächlich Gährkeller und die Arbeitsräume von Presshefefabriken, in denen nach der Schätzung von Hirt[1]) wenigstens in der Höhe von 2—2½ Fuß über dem Boden die Luft bis zu 10 % CO_2 enthält, während zugleich die Ventilationsverhältnisse häufig die denkbar ungünstigsten sind.

---

1) Hirt, Die Gasinhalationskrankheiten und die gewerbl. Vergiftungen. Handb. d. Hygiene von v. Ziemssen u. v. Pettenkofer Bd. II, 4, S. 51.



Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

in

Erlangen.

27. Heft.

1895.

ERLANGEN.
Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.
[illegible]



Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medicinischen Societät

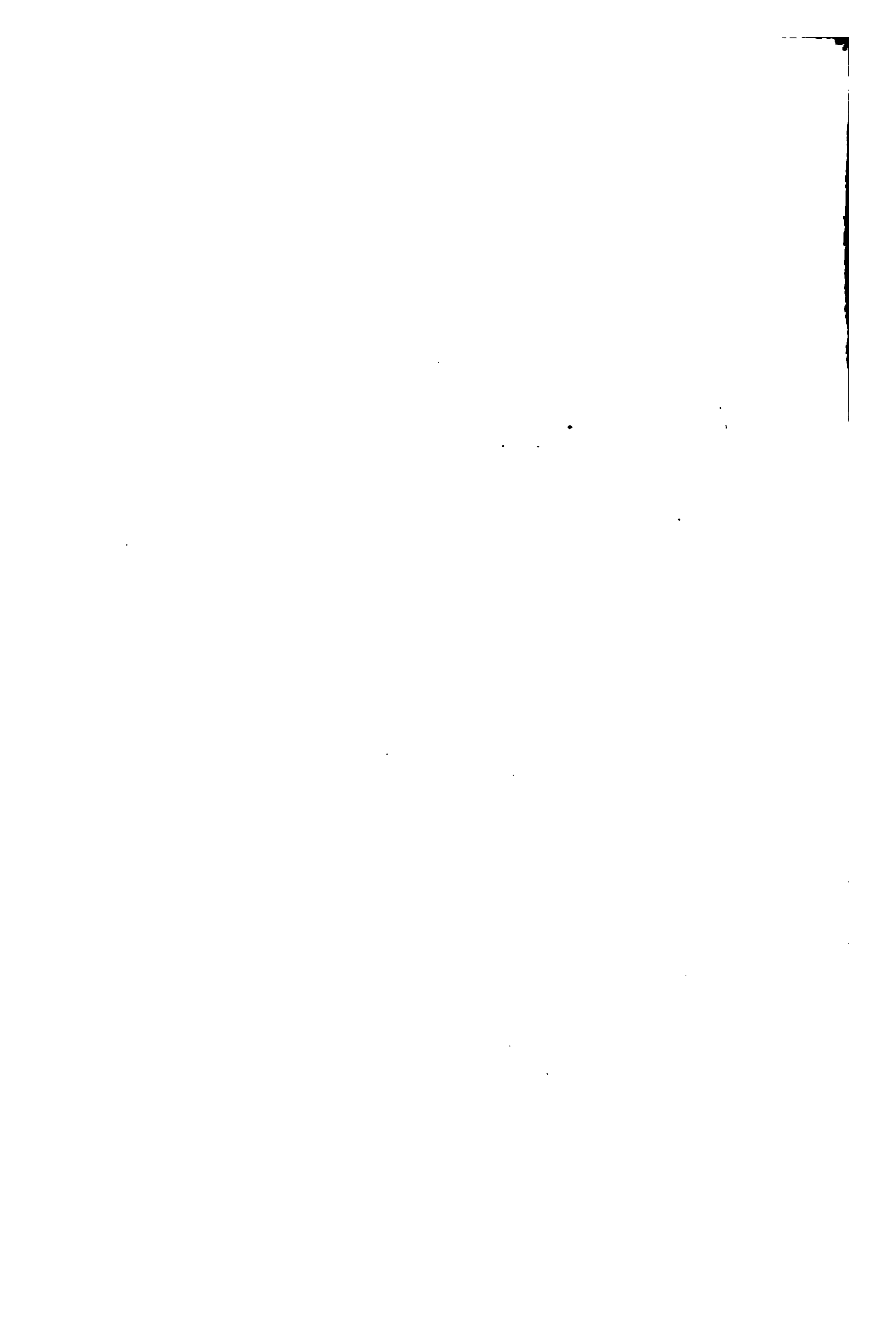
in

Erlangen.

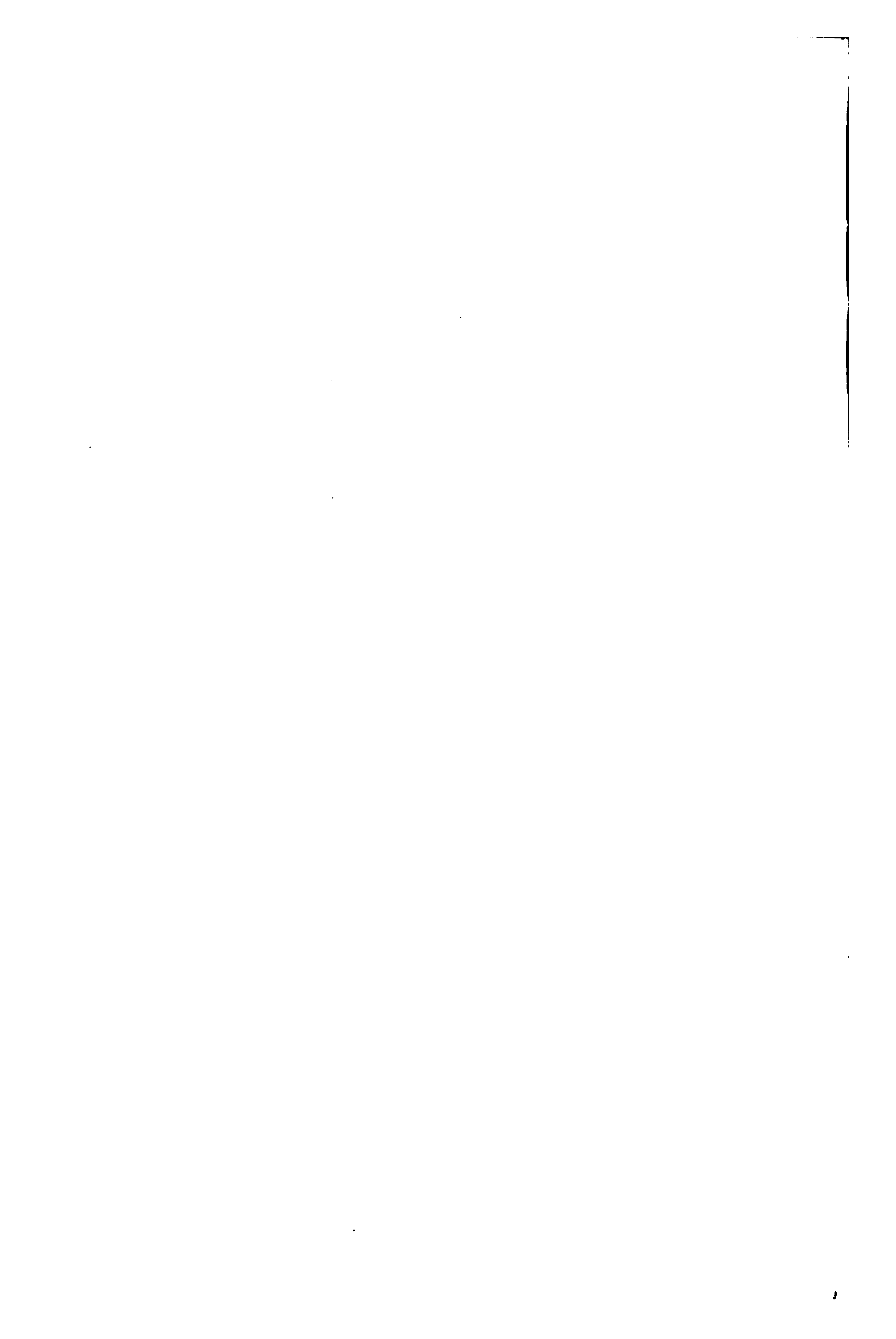
27. Heft.

1895.

ERLANGEN.
Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.
1896.



Inhaltsverzeichnis.



Stand der Mitglieder

am 31. Dezember 1895.

55 ordentliche, 36 Ehren- und 79 korrespondierende Mitglieder.

In der folgenden Liste stehen die Abkürzungen: O.M. für ordentliches, K.M. für korrespondierendes, E.M. für Ehrenmitglied. Die Jahreszahlen beziehen sich auf die Zeit der Ernennung.

A. Ordentliche Mitglieder.

Albert R. Dr., Assistent, 1895.
Aldinger J. Dr., Assistent, 1894.
Bacharach J. Dr., kgl. Reallehrer, 1880.
Becker K. Dr., Assistent, 1895.
Beckmann E. Dr., Professor, 1893.
Bischoff O. Dr., prakt. Arzt, 1893.
Blanckenhorn M. Dr., Privatdozent, 1890.
Böttiger A., Apotheker, 1863.
Brommer M., Apotheker, 1885.
Büttner G, kgl. Reallehrer, 1880.
Bumm A. Dr., Professor, 1886.
Busch M. Dr., Privatdozent, 1890.
Elterlein A. v. Dr., Hauptmann a. D., Assistent, 1895.
Eversbusch O. Dr., Professor, 1886.
Fischer O. Dr., Professor, 1885.
Fleischer R. Dr., Professor, 1877.
Fleischmann A. Dr., Privatdozent, 1886.
Fritsch O. Dr., prakt. Arzt, 1888.
Frommel R. Dr., Professor, 1887.
Fuchs G. Dr. phil., 1895.
Gerlach J. v. Dr., Geheimrat, Professor, 1850.
Gerlach L. Dr., Professor, 1874.
Gordan P. Dr., Professor, 1874.
Graser E. Dr., Professor, 1884.
Hauser G. Dr., Professor, 1881.

Heineke W. v. Dr., Professor, 1867.
Hermann F. Dr., Professor, 1884.
Hetzel W. Dr., prakt. Arzt, 1862.
Kiesselbach W. Dr., Professor, 1877.
Knoblauch O. Dr., Privatdozent, 1889.
Koeberlin H. Dr., Oberarzt, 1885.
Lenk H. Dr., Professor, 1895.
Limpach L. Dr., Hofapotheker, 1893.
Maurer A. Dr., kgl. Bezirksarzt, 1862.
Mohr L., Apotheker, 1895.
Noether M. Dr., Professor, 1875.
Oebbeke K. Dr., Professor, 1887.
Paal C. Dr., Professor, 1887.
Pechuël-Loesche E. Dr., Professor, 1895.
Penzoldt F. Dr., Professor, 1874.
Reess M. Dr., Professor, 1872.
Rosenthal I. Dr., Professor, 1872.
Schmidt G. C Dr. phil., 1893.
Schneider F. Dr., Hofzahnarzt, 1887.
Schulz O. Dr., Assistent, 1889.
Selenka E. Dr., Professor, 1874.
Simon H. Th. Dr., Assistent, 1894.
Specht G. Dr., Oberarzt, 1891.
Spuler A. Dr., Assistent, 1894.
Stock A. Dr., Assistent, 1895.
Stolberg K. Dr., Assistent, 1893.
Strümpell A. v. Dr., Professor, 1886.
Wiedemann E. Dr., Professor, 1886.
Zeeh H. Dr., Assistent, 1895.
Zenker F. A. v. Dr., Professor, 1863.

Eingetreten sind in der Zeit vom 1. Januar 1895 bis zum 31. Dezember 1895 die Herren:

Albert, Becker, v. Elterlein, Fuchs, Lenk, Mohr, Pechuël-Loesche, Stock, Zeeh.

Ausgetreten sind in derselben Zeit die Herren:

Treves, Wolff.

B. Ehrenmitglieder.

Seine Königliche Hoheit Dr. Karl Theodor, Herzog in Bayern, 1888.

Baeyer A. v., Professor der Chemie, München, 1883.

Berthelot M. P. E., Professor der Chemie, Paris, K.M. 1860. E.M. 1895

Beyrich H. E, Professor der Geologie, Berlin, 1888.

Brioschi F., Direktor des Polytechnikums, Mailand, K.M. 1877, E.M. 1878.

Bunsen R. v., Excellenz, Professor der Chemie, Heidelberg, KM. 1845, E.M. 1883.

Dubois-Reymond E., Professor der Physiologie, Berlin, K.M. 1859, E.M. 1878.

Ehlers E., Professor d. Zoologie, Göttingen, O.M. 1869, E.M. 1874.

Fischer E., Professor der Chemie, Berlin, O.M. 1882, K.M. 1886, E.M. 1895.

Gegenbaur C., Professor der Anatomie, Heidelberg, 1883.

Gerhardt C., Professor der int. Medizin, Berlin, K.M. 1883, E.M. 1887.

Hermite Ch., Professor der Mathematik, Paris, 1883.

Hilger A., Professor der Chemie, München, O.M. 1872, E.M. 1893.

Kekulé A. v. Stradonitz, Professor der Chemie, Bonn, K.M. 1859, E.M. 1888.

Klein F., Professor der Mathematik, Göttingen, O.M. 1872, E.M. 1875.

Koch R., Professor, Berlin, K.M. 1883. E.M. 1895.

Kölliker A. v., Professor der Anatomie, Würzburg, K.M. 1851, E.M. 1883.

Kussmaul A., Professor der Medizin, Heidelberg, O.M. 1859, K.M. 1863. E.M. 1883.

Leube W. v., Professor der Medizin, Würzburg, O.M. 1868, E.M. 1886.

Lister J., Professor der Chirurgie, London 1883.

Lommel E. v., Professor der Physik, München, O.M. 1869, E.M. 1886.

Marey E. J., Professor der Physiologie, Paris, 1878.

Michel J. v., Professor der Augenheilkunde, Würzburg, O.M. 1873, K.M. 1878, E.M. 1895.

Pettenkofer M. v., Professor der Hygiene, München, KM. 1851, E.M. 1883.
Sachs J. v., Professor der Botanik, Würzburg, K.M. 1883, E.M. 1889.
Sandberger F. v., Professor der Mineralogie, Würzburg, 1878.
Sattler H., Professor der Augenheilkunde, Leipzig, O.M. 1879, K.M. 1886, E.M. 1895.
Seidel L. v., Professor der Mathematik, München. 1889.
Spencer-Wells Sir T., Professor der Chirurgie, London, 1883.
Thomson Sir W., Lord Kelvin, Professor der Physik, Glasgow, 1878.
Virchow R., Professor der path. Anatomie, Berlin, K.M. 1851, E.M. 1858.
Voit C. v., Professor der Physiologie, München. K.M. 1863, E.M. 1883.
Wiedemann G, Professor der Physik, Leipzig, K.M. 1864, E.M. 1888.
Wislicenus J., Professor der Chemie, Leipzig, K.M. 1864, E.M. 1895.
Ziemssen H. v., Professor der Medizin, München, O.M. 1863, E.M. 1878.
Zweifel P., Professor der Gynäkologie, Leipzig, O.M. 1876, E.M. 1887.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihre Ehrenmitglieder Ludwig, Ried, Thiersch.

C. Korrespondierende Mitglieder.

Arrhenius S., Professor der Chemie, Stockholm, 1895.
Bauer G., Professor der Mathematik, München, 1889.
Bäumler Ch., Professor der Medizin, Freiburg i/Br., O.M. 1872. K.M. 1874.
Bertoni G., Professor der Chemie, Livorno, 1895.
Boström E., Professor der pathol. Anatomie, Giessen, O.M. 1879, K.M. 1881.
Brill A., Professor der Mathematik, Tübingen, 1894.
Buchner L. A., Professor der Pharmacie, München, 1853.
Claus A., Professor der Chemie, Freiburg i/Br., 1870.
Cohn F., Professor der Botanik, Breslau 1861.
Dareste C., Professor, Paris, 1886.

Dejerine J., Professor, Médecin de l'hospice de Bicêtre, Paris, 1895.
Delpino F., Professor der Botanik, Neapel, 1875.
Duncan Dr., Professor der Gynaekologie, London, 1883.
Ebert H., Professor der Physik, Kiel, O.M. 1887, K.M. 1894.
Eberth C., Professor der path. Anatomie, Halle a/S., 1895.
Ernst A., Direktor des botan. Gartens, Caracas, 1875.
Fick A., Professor der Physiologie, Würzburg, 1869.
Filehne W., Professor der Pharmakologie, Breslau, O.M. 1874, K.M. 1886.
Fittig R., Professor der Chemie, Strassburg i/E., 1888.
Flemming W., Professor der Anatomie, Kiel, 1888.
Foster B., Professor der Medizin, Birmingham, 1866.
Fresenius C. R., Professor der Chemie, Wiesbaden, 1857.
Geinitz H. B., Professor der Geologie, Dresden, 1861.
Golgi C., Professor der Anatomie, Pavia, 1895.
Groth P., Professor der Mineralogie, München, 1888.
Günther S., Professor der Geographie, München, O.M. 1873, K.M. 1874.
Hansen A., Professor der Botanik, Giessen, O.M. 1879, K.M. 1882.
Hasse E., Professor der Medizin, Göttingen, 1844.
Heller A., Professor der Medizin, Kiel, O.M. 1869, K.M. 1872.
Hertwig O., Professor der Anatomie, Berlin, 1889.
Hertwig R., Professor der Zoologie, München, 1889.
Hoyer H., Professor der Histologie und Entwicklungsgeschichte, Warschau, 1884.
Hubrecht A., Professor der Zoologie, Utrecht O.M. 1874, K.M. 1875.
Immermann H., Professor der spez. Phatologie und Therapie, Basel, O.M. 1866, K.M. 1871.
Karrer F., Direktor der Irrenanstalt Klingenmünster, O.M. 1872, K.M. 1883.
Kjerulf Th., Professor der Mineralogie und Geologie, Christiania, 1882.
Knorr L., Professor der Chemie, Jena, O.M. 1883, K.M. 1886.
Königs W., Professor der Chemie, München, 1888.
Kohlrausch F., Professor, Präsident der phys.-techn. Reichsanstalt Charlottenburg 1883.
Krause W., Professor der Anatomie, Berlin, 1861.

Kries J. v., Professor der Physiologie, Freiburg i/Br., 1889.
Kühne W., Professor der Physiologie, Heidelberg, 1886.
Lépine, Professor der Medizin, Lyon, 1888.
Lieben A., Professor der Chemie, Wien, 1870.
Liebermeister C. v., Professor der Medizin, Tübingen, 1866.
Limpricht H., Professor der Chemie, Greifswald, 1856.
Luciani L., Professor der Physiologie, Rom, 1895.
Lüroth J., Professor der Mathematik, Freiburg i/Br., 1883.
Meissner G., Professor der Physiologie, Göttingen, 1860.
Meyer V., Professor der Chemie, Heidelberg, 1883.
Mosso A., Professor der Physiologie, Turin, 1895.
Müller F. Baron v., Direktor des bot. Gartens, Melbourne, 1860.
Müller W., Professor der path. Anatomie, Jena, O.M. 1856, K.M. 1861.
Ost H., Professor der Chemie, Hannover, 1889.
Ostwald W., Professor der physikalischen Chemie, Leipzig, 1895.
Oudemans C. A. J. A., Professor der Botanik, Amsterdam, 1861.
Pechmann H. Frhr. v, Professor der Chemie, Tübingen, 1889.
Prym F., Professor der Mathematik, Würzburg, 1883.
Raymond F., Professor, Médecin de la Salpêtrière, Paris, 1895.
Retzius G., Professor der Anatomie, Stockholm, 1895.
Richthofen F. Frhr. v., Professor der Geographie, Berlin, 1883.
Rindfleisch G. E., Professor der pathologischen Anatomie, Würzburg, 1883.
Röntgen W. C., Professor der Physik, Würzburg, 1889.
Rothmund A. v., Professor der Ophthalmologie, München, 1887.
Saemisch Th., Professor der Ophthalmologie, Bonn, 1887.
Schwalbe G., Professor der Anatomie, Strassburg i/E., 1886.
Schweinfurth Dr. G., Kairo, 1865.
Sohncke L., Professor der Physik, München, 1889.
Sonderegger Dr., St. Gallen, 1883.
Steiner J. Dr., Arzt, Cöln, O.M. 1876, K.M. 1879.
Strasburger E., Professor der Botanik, Bonn, 1883.
Suringar R., Professor der Botanik, Leyden, 1865.
Ullrich H., Direktor der Irrenanstalt Kaufbeuern und Irsee, O.M. 1874, K.M. 1888.
Volhard J., Professor der Chemie, Halle, O.M. 1879, K.M. 1882.
Vongerichten E. v. Dr., Strassburg i/E., O.M. 1873, K.M. 1883.
Weyl Th. Dr., Berlin-Charlottenburg, O.M. 1879, K.M. 1883.

Zittel C. A. v., Professor der Palaeontologie, München, 1883.
Zuntz, Professor der Physiologie, Berlin, 1889.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihr korrespondierendes Mitglied: Saporta.

Vorstand.

Vom 1. Mai 1895 an besteht derselbe aus den Herren:

L. Gerlach, I. Direktor,
Wiedemann, II. Direktor,
Knoblauch, I. Sekretär,
Wolff, II. Sekretär,
Böttiger, Kassier.

Tauschverkehr.

Zu den Gesellschaften, mit welchen die Societät in Tauschverkehr steht, sind im Laufe des Jahres 1895 hinzugetreten:

La Plata, Facultad de agronomía y veterinaria.
Marseille, Faculté des Sciences.
Stockholm, Société entomologique.

Zusendungen von Büchern etc. für die Gesellschaft wolle man direkt an die Societas Physico-Medica zu Erlangen richten, welche, sofern nicht **besondere** Empfangsanzeige **verlangt** wird, für eingegangene Schriften **nur** in dem folgenden Verzeichnisse dankt.

Verzeichnis

der vom 1. Januar bis 31. Dezember 1895 eingelaufenen Druckschriften.

A) Im Tauschverkehr.

Amsterdam, Koninklijke Akademie van Wetenschappen: Jaarboek 1894. — Verslagen 3 (1894/95).

Augsburg, Naturhistorischer Verein für Schwaben und Neuburg:

Aussig, Naturwissenschaftlicher Verein:

Baltimore, American Chemical Journal 15 (1893), Nr. 8. 16 (1894), Nr. 1—6.

— Johns Hopkins University, Biological Laboratory:

Bamberg, Naturforschende Gesellschaft:

Basel, Naturforschende Gesellschaft: Verhandlungen 10, Nr. 2, 3. 11, Nr. 1.

Batavia, Natuurkundig Vereeniging in Nederl.-Indïe-Tijdschrift 54 (1895). — Boekwerken f. 1893.

Bergen, Bergens Museum: Aarbog 1893.

Berlin, Akademie der Wissenschaften: Sitzungsberichte 1894, Nr. 52, 53. 1895, Nr. 1—38; Mathematische und naturwissenschaftliche Mitteilungen 1894, Nr. 6—10. 1895, Nr. 1—9.

— Botanischer Verein der Provinz Brandenburg: Verhandlungen 36 (1894).

— Deutsche chem. Gesellschaft: Berichte 27 (1894), Nr. 19, 20. 28 (1895), Nr. 1—18.

— Geol. Landesanstalt und Bergakademie: Jahrbuch 14 (1893).

— Verein für innere Medizin: Verhandlungen 14 (1894/95).

— Deutsche Medizinalzeitung: XVI (1895), 2—104. — Notizkalender 9, Nr. 2. 4. 10, Nr. 1—4.

— Medizinische Gesellschaft: Verhandlungen 25 (1894).

— Gesellschaft naturforschender Freunde: Sitzungsberichte 1894.

— Physikalische Gesellschaft:

— Physiologische Gesellschaft:

— Polytechnische Gesellschaft: Polytechnisches Centralblatt 7 (1894/95). Nr. 6—24. 8 (1895/96), Nr. 1—5.

Bern, Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen 1894, Nr. 1335—72.
Bonn, Naturhistorischer Verein für die preussischen Rheinlande und Westphalen: Verhandlungen 51 (1894), Nr. 2. 52 (1895), Nr. 1. — Sitzungsberichte 1895, Nr. 1.
Bordeaux, Société des Sciences physiques et naturelles: Mémoires Sér. IV, t. 3, c. 2; t. 4, c. 1, 2 u. App.
Boston, American Academy of Arts and Sciences: Proceedings 28 (1892/93). 29 (1893/94).
— Society of Natural History: Proceedings 26, Nr. 2. 3.
Brauuschweig, Verein für Naturwissenschaften:
Bremen, Naturwissenschaftlicher Verein: Abhandlungen XIII, Nr. 2 nebst Jahresbericht XV, Nr. 1.
Breslau, Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur: Jahresbericht 72 (1894) nebst Ergänzungsheft 3.
Brünn, Naturforschender Verein: Verhandlungen 32 (1893). — Bericht der meteorologischen Commission 12 (1892).
Brüssel, Académie Royale de Médecine de Belgique: Bulletin 8 (1894), Nr. 11. 9 (1895), Nr. 1—10.
— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique: Annuaire 60 (1894). 61 (1895). — Mémoires 50, Nr. 2. 51. 52. Mémoires de sav. étr. 47. 50—52. Mém. cour. 53.
— Société Entomologique de Belgique:
— Société Royale de Botanique de Belgique: Bulletin 33 (1894).
Budapest, Ungarische Akademie der Wissenschaften: Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn 11, b. 12 a. Értekezések a természettudomànyok köreböl 23, Nr. 6—12. — Értekezések a mathematikai tudományok köreböl 15, Nr. 4. 5. — Mathematikai és természettudományi Értesitö 12, Nr. 4—12. 13, Nr. 1. 2. — Rapport 1893. 1894.
Bukarest, Societatii de Sciinte Fizice: Buletinul 3 (1894), Nr. 9—12. — 4 (1895), Nr. 1—10.
Cambridge (Mass.), Museum of Comparative Zoology at Harvard College: Bulletin 25, Nr. 12. 26, Nr. 1. 2. 27, Nr. 1—6. 28, Nr. 1. — Report: 1893/94.
Chemnitz, Naturwissenschaftliche Gesellschaft:
Cherbourg, Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathématiques:
Christiania, Kgl. Universität: Oversigt 1892. 1893. Beretning 1891. 1892. Statistik III, Nr. 185. 189. 209. 223.
Chur, Naturforsch. Gesellschaft Graubündens: Jahresbericht 38 (1894/95) mit Beilage.
Córdoba, Academia Nacional de Ciencias de la República Argentina: Boletin 14, Nr. 1. 2.
Danzig, Naturforschende Gesellschaft:

Dorpat siehe Jurjew.

Dresden, Gesellschaft für Natur- und Heilkunde: Jahresbericht 1894/95.
— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis: Sitzungsberichte 1895, Juli bis Dezember.

Dublin, Royal Dublin Society:
— Royal Irish Academy: Proceedings 3, Nr. 3.

Dürkheim, Pollichia:

Edinburg, Royal College of Physicians:
— Botanical Society:
— Physical Society:
— Royal Society:

Elberfeld, Naturwissenschaftlicher Verein:

Emden, Naturforschende Gesellschaft: Jahresbericht 79 (1893/94).

Florenz, Biblioteca Nazionale Centrale: Bollettino delle pubblicazioni italiane Nr. 216—239.
— Istituto di Studi Superiori:
— Società Botanica Italiana:
— Scuola d'Anatomia Patologica:

Frankfurt a. M, Aerztlicher Verein: Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens, die Krankenhäuser und die öffentlichen Gesundheitsverhältnisse der Stadt Frankfurt a. M. 38 (1894). — Tabellarische Mitteilungen betreffend den Civilstand der Stadt Frankfurt a. M. 1894.
— Senckenbergische Naturforsch. Gesellschaft: Bericht 1895. — Abhandlungen 18, Nr. 4. 19, Nr. 1.
— Physikalischer Verein: Jahresbericht 1893/94.

Frankfurt a. O., Naturwissenschaftlicher Verein: Helios. Monatliche Mitteilungen aus dem Gesammtgebiete der Naturwissenschaften 12 (1894), Nr. 7—12. 13 (1895), Nr. 1—6. — Societatum Litterae 8 (1894), Nr. 10—12. 9 (1895), Nr. 1—9.

Frauenfeld, Thurgauische Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen 11.

Freiburg i. B., Naturforschende Gesellschaft: Berichte 9.

St. Gallen, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Bericht 1892/93.

Genf, Société de Physique et d'Histoire Naturelle: Compte rendu 11 (1894).

Gent, Kruidkundig Genootschap Dodonaea:

Genua, Accademia Medica:
— Museo Civico di Storia Naturale: Annali 14. 15.

Giessen, Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde: Bericht 30 (1895).

Görlitz, Naturforschende Gesellschaft:

Göttingen, Gesellsch. der Wissenschaften: Nachrichten Math.-phys. Kl. 1894, Nr. 4. 1895, Nr. 1—3. — Geschäftliche Mitteilungen 1895, Nr. 1. 2.

Graz, Verein der Aerzte in Steiermark:

— Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: Mitteilungen 31 (1894).

Greifswald, Naturwissenschaftl. Verein für Neu-Vorpommern und Rügen: Mitteilungen 26 (1894).

Haarlem, Musée Teyler: Archives Sér. II, Vol. 4, Nr. 3. 4.

— Société Hollandaise des Sciences: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles 28 (1894), Nr. 5. 29 (1895), Nr. 1—3.

Halifax, New Scotian Institute of Science:

Halle a. S., Kaiserl. Leopoldino-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher: Leopoldina 30 (1894), Nr. 21—24. 31 (1895), Nr. 1—22.

— Naturforschende Gesellschaft: Bericht 1892.

— Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen: Zeitschrift für Naturwissenschaften 67 (1894), Nr. 5. 6. 68 (1895), Nr. 1. 2.

Hamburg, Naturwissenschaftlicher Verein von Hamburg-Altona: Verhandlungen III. Folge, 2. — Abhandlungen 13.

— Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung:

Hanau, Wetterauische Gesellschaft für die gesammte Naturkunde: Bericht 1892/95.

Hannover, Naturhistorische Gesellschaft:

Heidelberg, Naturhistorisch-Medicinischer Verein: Verhandlungen 5, Nr. 3.

Helsingfors, Societas pro Fauna et Flora Fennica:

— Societas Scientiarum Fennica: Acta 20 (1894). — Bidrag till kännedom af Finlands Natur och Folk 54—56. — Öfversigt 36 (1893/94). — Observations publiées par l'Institut Météorologique Central 12, Nr. 1. — Observations météorologiques 1889/90.

Jekaterinburg, Société Ouralienne de Médecine:

Jena, Medizinisch-Naturwissenschaftliche Gesellschaft:

Innsbruck, Naturwissenschaftl.-Medizin. Verein:

Iowa City, Laboratories of Natural History of the State University of Iowa:

Jurjew, Naturforschende Gesellschaft: Archiv für die Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands Serie II, Bd. 10, Nr. 3. 4. — Sitzungsberichte 10, Nr. 3. — Schriften 8.

Karlsruhe, Naturwissenschaftlicher Verein:

Kasan, Société Physico-Mathématique: Bulletin Sér. II, T. 4, Nr. 4. T. 5, Nr. 1. 2.

Kassel, Verein für Naturkunde: Abhandlungen u. Bericht 40.

Kiel, Naturwissenschaftlicher Verein in Schleswig-Holstein: Schriften 10, Nr. 2.

Kiew, Société des Naturalistes: Mémoires 12. 13. 14, Nr. 1.

Klausenburg, Siebenbürgischer Museumsverein: Értesitö Nr. 19 (1894), I, Nr. 1—3. II, Nr. 1—3. 20 (1895), I, Nr. 1. II, Nr. 1. 2.

Königsberg i. Pr., Physikalisch-Oekonomische Gesellschaft: Schriften 35 (1894).

Kopenhagen, K. Danske Videnscabernes Selskab: Oversigt 1894, Nr. 3. 1895, Nr. 1. — Bulletin 1894, Nr. 3. 1895, Nr. 1. 2.

— Naturhistorisk Forening: Meddelelser 1894.

— Mediciniske Selskab: Forhandlinger 1894/95.

Landshut, Botanischer Verein:

La Plata, Facultad de Agronomía y Veterinaria: Revista. Nr. 5—8. 10.

Lausanne, Société Vaudoise des Sciences Naturelles: Bulletin 115—117.

Leipzig, Jablonowskische Gesellschaft:

— Naturforschende Gesellschaft: Sitzungsberichte 19—21 (1892—94).

— Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-Physikal. Klasse: Berichte 1894, Nr. 3. 1895, Nr. 1—4.

— Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde: 13 (1895).

— Medizinische Gesellschaft:

London, Nature Nr. 1314—1365.

— Mathematical Society: Proceedings 500—527.

— Royal Society: Proceedings 341—352. — Transactions 185 (1894), A. B. — List of Members 1894.

Lüneburg, Naturwissenschaftlicher Verein für das Fürstentum Lüneburg: Jahreshefte 13 (1893/95).

Lüttich, Société Royale des Sciences de Liége: Mémoires 18.

Luxemburg, Institut Grand Ducal, Section Sciences Naturelles: Publications 23 (1894).

— Société Botanique du Grand-Duché de Luxembourg:

Madison (Wisc.), Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters:

Magdeburg, Naturwissenschaftlicher Verein:

Mailand, Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere: Rendiconti 26 (1893). 27 (1894).

— Società Italiana di Scienze Naturali: Atti 35, Nr. 1. 2.

Marburg, Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften:

Marseille, Faculté des Sciences: Annales I—IV.

Melbourne, Royal Geographical Society of Australia:

Milwaukee (Wisc.), Public Museum of the City: Report 12 (1894).

Minnesota, Geological and Natural Survey of Minnesota:
Moskau, Société Impériale des Naturalistes: Bulletin 1894, Nr. 3. 4. 1895, Nr. 1. 2.
München, Gesellschaft für Morphologie und Physiologie: Sitzungsberichte 10 (1894), Nr. 1—3. 11 (1895), Nr. 1.
— Medizin.-Klinisches Institut:
— Aerztlicher Verein: Sitzungsberichte 4 (1894).
— Wochenschrift für Thierheilkunde u. Viehzucht 1894, N. 1—52. 1895, Nr. 1—26.
Münster i. W., Westfäl. Provinzial-Verein für Wissenschaft und Kunst: Jahresbericht 21 (1892/93). 22 (1893/94).
Neapel, Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche (Sezione della Società Reale di Napoli): Rendiconto 33 (Ser. II, Vol. 8, 1894), Nr. 11. 12. 34 (Ser. II, Vol. 1, 1895) Nr. 1—11.
— Zoologische Station: Mitteilungen 11, Nr. 4. 12, Nr. 1.
Neuchâtel, Société des Sciences Naturelles:
New York, Academy of Sciences: Annals 8, Nr. 4. 5. — Transactions 13 (1893/94).
Nürnberg, Medicinische Gesellschaft und Poliklinik: Jahresbericht 1894.
— Naturhistorische Gesellschaft: Abhandlungen 10, Nr. 3.
— Aerztlicher Lokalverein: Sitzungs-Protokolle 1892—94.
— Germanisches Nationalmuseum: Anzeiger 1894. — Mitteilungen 1894. — Katalog der Holzstöcke 2.
Odessa, Société des Naturalistes de la Nouvelle Russie: Mémoires 19, Nr. 1. 2.
Offenbach, Verein für Naturkunde: Bericht 33—36 (1891/95).
Osnabrück, Naturwissenschaftlicher Verein: Jahresbericht 1893/94.
Palermo, Circolo Matematico: Rendiconti 9 (1895), Nr. 1—6.
Paris, Société de Biologie: Comptes rendus et Mémoires 1894, Nr. 35. 1895, Nr. 1—37.
— Société Linnéenne:
— Société Zoologique de France: Bulletin 19 (1894), Nr. 1—9.
Passau, Naturhistorischer Verein: Bericht 1890/95.
Perugia, Accademia Medico-Chirurgica: Atti e Rendiconti 5, Nr. 4. 6, Nr. 2—4. 7. Nr. 1.
Petersburg, Académie des Sciences: Bulletin Nouv. Sér. 1, Nr. 4. Sér. 2, Nr. 1—5. Sér. 3, Nr. 1.
— Hortus Petropolitanus: Acta 13, Nr. 1. 2.
— Société des Naturalistes: Section de Botanique, Bulletin 24 (1893). — Comptes rendus 1895 Nr. 1—4. — Travaux 25 (1895). — Section de Géologie et de Mineralogie: Travaux 23 (1895). — Section de Zoologie et de Physiologie: Travaux 24 (1894). 25 (1895), Nr. 1.

Philadelphia, Academy of Natural Sciences: Proceedings 1893, Nr. 3. 1894, Nr. 1—3.
— College of Physicians: Transactions III, Vol. 15. 16.
— Wagner Free Institute of Science: Transactions III, Nr. 3.
— American Philosophical Society: Proceedings 142—146.

Pisa, Scuola Normale Superiore (Scienze Fisiche e Matematiche): Annali 7.

Prag, Königlich Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften: Jahresbericht 1894. — Sitzungsberichte (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse) 1894.
— Lese- und Redehalle der deutschen Studenten: Bericht 1894.

Regensburg, Naturwissenschaftlicher Verein: Berichte 4 (1892/93).

Riga, Naturforscher-Verein: Festschrift 1895. — Correspondenzblatt 37 (1894).

Rio de Janeiro, Museu Nacional:

Rochester, Academy of Sciences:

Rom, Accademia dei Lincei: Rendiconti (Classe di Scienze Fisiche etc.) 1894, Semestre II, Nr. 10—12. 1895, Semestre I, Nr. 1—12. II, Nr. 1—11.
— Accademia Medica: Bulletino 21 (1895), Nr. 1—4.
— Gazzetta Chimica Italiana 24 (1894), II, Nr. 6. 25 (1895), I, Nr. 1—6. II, Nr. 1—5.

Salem, Essex Institute: Bulletin 25 (1893), Nr. 4—12. 26 (1894), Nr. 1—3. — Naturalist. 29, Nr. 348.

San Francisco, California Academy of Sciences: Proceedings 4, Nr. 1.

Santiago, Société Scientifique du Chili: Actes 4 (1894), Nr. 4. 5.
— Deutscher Wissenschaftlicher Verein: Verhandlungen III, Nr. 1. 2.

Stockholm, Svenska Vetenskaps-Akademie: Handlingar 25 (1892), Nr. 2. 26 (1894/95). — Öfversigt af Förhandlingar 51 (1894).

Stuttgart, Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg: Jahreshefte 50 (1894). 51 (1895).

Thorn, Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst: Jahresbericht 36—41 (1889—95).

Tokio, Medizinische Fakultät der Kaiserl. Japanischen Universität: Mitteilungen II, 2. III, 1.

Toulouse, Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres: Mémoires 5 (1893). 6 (1894).

Triest, Museo Civico di Storia Naturale: Atti 9.
— Società Adriatica di Scienze Naturali:

Tufts College (Mass.):

Turin, R. Accademia delle Scienze (Scienze Fisiche, Matematiche, Naturali): Atti 30, Nr. 1—16. — Memorie Ser. II, Vol. 44. — Osservazioni Meteorologiche 1894.

Ulm, Verein für Mathematik und Naturwissenschaften: Jahreshefte 7 (1895).
Upsala, Läkareförening: Förhandlingar 29 (1893/94). 30 (1894/95), Nr. 1—8.
Utrecht, Provincial Utrechtsch Genootschap: Aanteekeningen 1894. — Verslag 1893. 1894.
Washington, National Academy of Sciences:
— Smithsonian Institution: Report 1892. 1893.
— Library of the Surgeon Generals Office: Index-Catalogue 15 (1894).
Wernigerode, Naturwissenschaftl. Verein des Harzes: Schriften 9 (1894).
Wien, Akademie der Wissenschaften (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse): Sitzungsberichte, von Abteilung IIa, IIb, III je Band 102, Nr. 8—10. Bd. 103.
— Zoolog.-Botan. Gesellschaft: Verhandlungen 44.
— Naturhistorisches Hofmuseum: Annalen 9 (1894), Nr. 3. 4. 10 (1895), Nr. 1. 2.
— Geologische Reichsanstalt: Jahrbuch 44 (1894), Nr. 2—4. 45 (1895), Nr. 1. — Verhandlungen 1894, Nr. 10—18. 1895, Nr. 1—13.
— Naturwissenschaftlicher Verein an der Universität:
— Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse: Schriften 35 (1894/95).
Wiesbaden, Nassauischer Verein für Naturkunde: Jahrbücher 48 (1895).
Würzburg, Physikal.-Medizinische Gesellschaft: Sitzungsberichte 1894. — Verhandlungen 28 (1894).
Zürich, Naturforschende Gesellschaft: Neujahrsblatt 1895. — Vierteljahrschrift 39 (1894), Nr. 3. 4. 40 (1895), Nr. 1. 2.
Zwickau, Verein für Naturkunde: Jahresbericht 1894.

B) als Geschenk.

Bertoni, Giacomo: Analisi dell' acqua minerale di Acquarossa nel Canton Ticino. Estr. dalla Rivista di Chimica Medica e Farmaceutica 1884, fasc. 9. 10.
— Sviluppo del metodo di eterificazione per doppia decomposizione. Formazione di altri tre nuovi eteri nitrosi e ricerche intorno alla loro azione fisiologica sull' organismo animale [VII] Roma 1886. (Estr. dal Bollettino Farmaceutico.)
— Dell' etere nitroso etildimetil carbinolico e sue proprietà terapeutiche .... (Totto dalla Gazetta Medica Italiana-Lombardia. Anno 1888). Milano 1888.
— Sulla ricerca dell' acido nitroso nel sangue. Estr. dal Bollettino Farmaceutico Roma, Nov. 1888. Roma 1888.

Bertoni, G., Statistica delle acque arsenicali e dei loro sedimenti . . . Estratto dal Bollettino Farmaceutico. Roma 1887.

— Analisi dell' acqua minerale Solfojodo-alcalina di Post Castellum . . . in Stabio . . . 3. ed. Milano 1894. Estr. dall' Italia Fermale, Anno 1894. Nr. 35—38.

— e Raimondi, Carlo: Caso di avvelenamento fortuito per santonina in sogetto adulto. Milano 1882. (Estr. degli Annali universali di Medicina, Vol. 261.)

— e Terni, Camillo: L'acqua potabile della R. Accademia Navale di Livorno. Milano 1895. (Estr. dal Giornale della R. Società italiana d'igiene. Anno XVII, Nr. 4.)

Faravelli, C.: Laboratorio di chimica generale e tecnologia della R. Accademia Navale in Livorno . . . Sulla cataratta naftalinica. . . . Estr. dal Bollettino della poliambulanza.

Raimondi, B. e Bertoni, G.: Chimica. — Nuove ricerche sull'azione biologica e tossica dei sali d'idrossilamina. 2a commmic. (Milano, 1890). (Estr. dai Rendiconti del R. Istituto Lombardo. Ser. II, Vol. XXIII Fasc. III.)

Revista Chilena di Hijiena . . . Santiago de Chile 1894 T. I. Nr. 1—3.

Sandberger, F. v.: Die Bohrung auf dem Giesshügel, Gemarkung Gerbrunn. (Sep.-Abdr. a. „Sitz.-Ber. d. Würzb Phys.-Med. Gesellsch.“ 1895.)

Sitzungen.

Die physikalisch-medicinische Societät hielt vom 1. Januar 1895 bis zum 31. Dezember 1895 acht Sitzungen ab, deren wissenschaftliches Material in den nachstehenden Sitzungsberichten niedergelegt ist.

Verzeichnis der in den Sitzungen gehaltenen Vorträge.

Sitzung am 14. I. 1895.

G. Hauser: Konrad Zenker's Untersuchungen über die Fibrinausscheidung bei der Thrombose.

Sitzung am 12. II. 1895.

A. Fleischmann: Verbindung zwischen Gehörorgan und Schwimmblase bei Knochenfischen.

E. Selenka: Demonstrationen:
1) Craniometer.
2) Photographische Reisecamera.

M. Blanckenhorn: Zur Geologie Palaestinas.

Sitzung am 14. III. 1895.

A. v. Strümpell: Klinisch-psychologische Demonstrationen über Hypnose und Gedächtnisstörungen.

Sitzung am 13. V. 1895.

L. Gerlach: Josef Hyrtl und seine Verdienste um die anatomische Wissenschaft.

J. Rosenthal: Carl Ludwig.

Sitzung am 11. VI. 1895.

W. v. Heineke: Necrolog auf C. Thiersch.

M. Blanckenhorn: Das Diluvium der Erlanger Umgegend.

G. Büttner: Notiz zu einem besonderen Falle von Adhaesion.

E. Selenka: Kurze Mitteilung über die Photographie in natürlichen Farben (mit Demonstrationen).

O. Knoblauch: Die Beziehung des spezifischen elektrischen Leitungsvermögens zur Dielektrizitäts-Constanten.

Sitzung am 8. VII. 95.

H. Simon: Gedächtnisrede auf A. Kundt.
E. Wiedemann: 1) Versuche von Herrn J. Pauer über ultraviolette Absorptionsspectra.
2) Ueber elektrische Entladungen.
J. Rosenthal: 1) Ueber die Kraft der Kaumuskeln.
2) Bestimmung der CO_2 in der atmosphärischen Luft.
3) Ueber das Herzgift der Rabelaisia philippinensis.

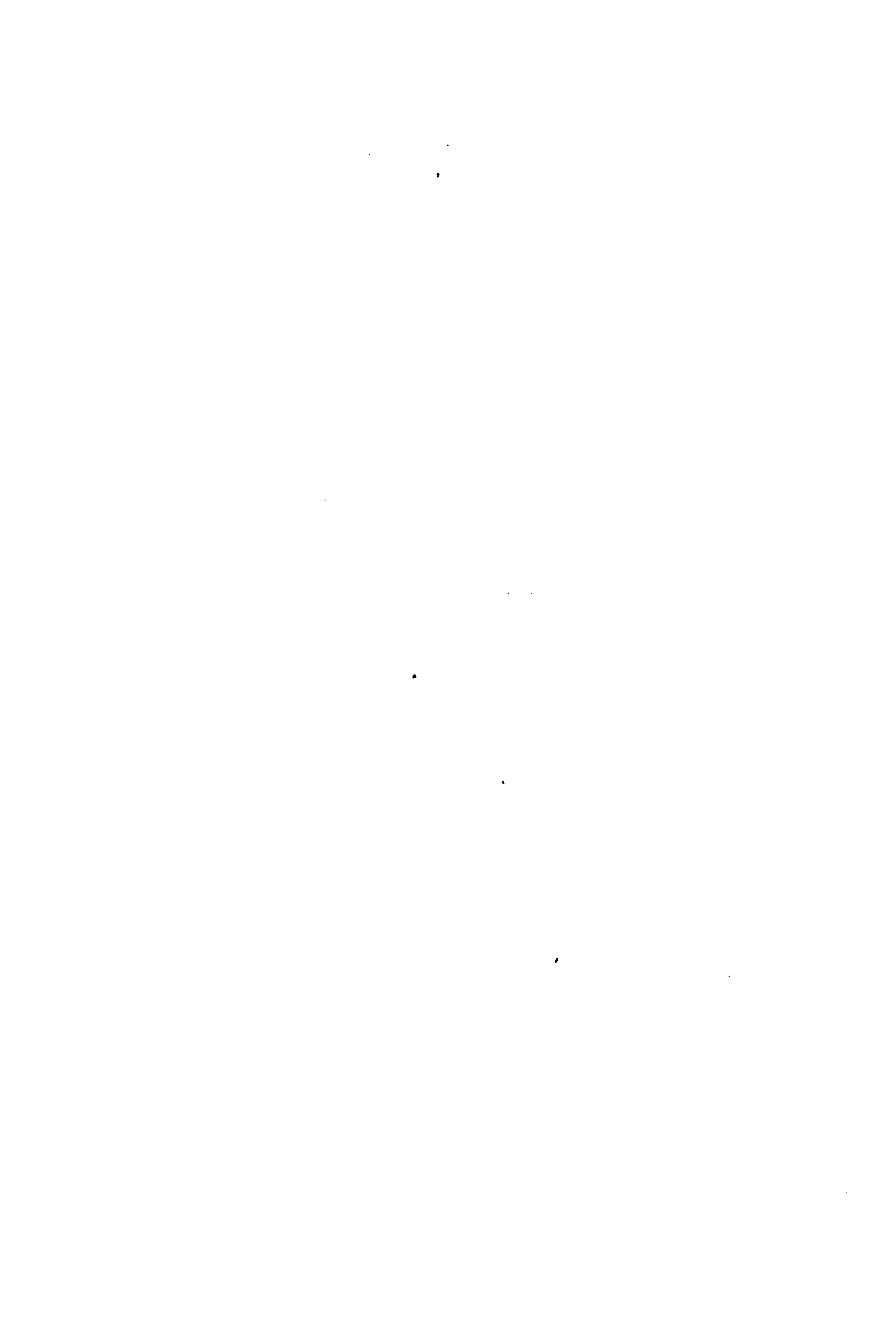
Sitzung am 12. XI. 1895.

H. Simon: Ueber ein neues photographisches Photometrierprinzip und seine Anwendung auf die Photometrie des ultravioletten Spectralgebietes.
E. Wiedemann: Spectralanalytische Mitteilungen (mit Demonstrationen).
M. Nöther: Ueber den gemeinsamen Factor zweier binären Formen.

Sitzung am 9. XII. 1895.

G. C. Schmidt: Zur Theorie der Fluorescenz.
M. Blanckenhorn: Das Diluvium des Jordanthals.

Inhalt.





Konrad Zenker's Untersuchungen über intravasculäre Fibringerinnung bei der Thrombose.

Referirt von

Prof. Dr. G. Hauser

mit Demonstration von Zeichnungen in der Sitzung am 14. Januar 1895.

Al. Schmidt hatte bekanntlich die Theorie aufgestellt, dass die extravasculäre Gerinnung des Blutes dadurch zustande käme, dass aus zerfallenden farblosen Blutkörperchen ein Ferment, das Fibrinferment, sich entwickle, unter dessen Einwirkung die ebenfalls aus dem Zerfall der Leukocyten hervorgehende fibrinoplastische Substanz sich mit der im Blute bereits gelöst vorhandenen fibrinogenen Substanz zu einem festen Gerinnungsprodukt, dem Fibrin, vereinige.

Diese Lehre wurde von Al. Schmidt noch in seinen letzten Lebensjahren dahin modificirt, dass durch den Zerfall von Zellen überhaupt, namentlich aber von Leukocyten, nur das Fibrinferment (Thrombin) erzeugt werde, während die im Blute vorhandene fibrinogene Substanz, das Metaglobulin, allein als Vorstufe des Faserstoffes aufzufassen sei. Auch dieses Metaglobulin ist nach Al. Schmidt allerdings als ein Zellderivat aufzufassen, welches jedoch fortwährend bei dem normalen Stoffwechsel der Zelle durch Abbau des Protoplasmamoleküls gebildet wird, in das Blut diffundirt und unter normalen Verhältnissen wiederum von den Körperzellen aufgenommen und zum Aufbau komplicirterer Verbindungen des Protoplasmas verwendet wird.

Durch das Fibrinferment wird das Metaglobulin in den flüssigen Faserstoff und schliesslich in den festen Faserstoff, das Fibrin übergeführt.

Diese Lehre Al. Schmidt's von der extravasculären Fibringerinnung, nach welcher also dieselbe als eine durch absterbende Zellen bedingte Fermentwirkung aufzufassen ist, wurde von Weigert auch auf die pathologische Fibringerinnung, nämlich die Gerinnung der entzündlichen Exsudate, die Thrombose und den Prozess der sogenannten Coagulationsnekrose übertragen.

Allein die Theorie Al. Schmidt's war nur auf experimentelle physiologisch-chemische Untersuchungen begründet; ein mikroskopischer Nachweis der Abhängigkeit der Fibrinbildung von absterbenden Zellen war weder von ihm noch seinen zahlreichen Schülern erbracht worden. Auch Weigert war es nicht gelungen, histologische Bilder zu finden, durch welche dieses Abhängigkeitsverhältnis bewiesen worden wäre; es waren mehr theoretische Überlegungen, welche Weigert veranlassten die Al. Schmidt'sche Lehre auf die pathologische Fibringerinnung zu übertragen.

Erst Referent hat gezeigt, dass bei fibrinöser Entzündung thatsächlich durch die histologische Untersuchung Vorgänge beobachtet werden können, welche nur im Sinne der Al. Schmidt'schen Lehre gedeutet werden können. Man kann nämlich im Anfangsstadium der fibrinösen Entzündung sehen, wie einzelne absterbende Zellen, namentlich Leukocyten, förmliche Gerinnungscentren bilden, von welchen das Fibrin in höchst auffälliger Weise radiär nach allen Seiten ausstrahlt.

Die Untersuchungen Konrad Zenker's beschäftigen sich nun mit der Fibringerinnung bei der Thrombose, auf welche, da dieselbe einen sehr komplicirten und in den einzelnen Fällen oft ganz verschiedenartigen Vorgang darstellt, jene bei der fibrinösen Entzündung gemachten Befunde sich nicht ohne Weiteres übertragen liessen.

Da für die intravasculäre Blutgerinnung beim Lebenden, für die Thrombose, offenbar ganz verschiedene ursächliche Momente in Betracht kommen können, so wurden für das Zustandekommen derselben verschiedene Theorien aufgestellt.

Virchow legte das Hauptgewicht auf die Stagnation des Blutes infolge von Cirkulationshindernissen. Es kann jedoch keinem Zweifel unterliegen, dass eine Stockung der Blutcirkulation allein nicht ausreicht, um die Gerinnung des Blutes zu bewerkstelligen, da in unterbundenen Gefässen und bei Blutergüssen in Körperhöhlen das Blut oft lange Zeit flüssig bleibt oder überhaupt nicht gerinnt.

Daher stellte Brücke die Theorie auf, dass es der Einfluss der lebenden und intacten Gefässwand sei, welche die Gerinnung des cirkulirenden Blutes verhindere, während eine erkrankte Gefässwand ihre gerinnungshemmende Eigenschaft verloren habe und daher die Gerinnung bedinge. Da bei Stase des Blutes notwendig

die Ernährung der Gefässwand leide, müsse jene das Zustandekommen der Thrombose begünstigen. Cohnheim modificirte diese Lehre dahin, dass er speciell den Endothelien diesen Einfluss auf das Blut zuschrieb.

v. Recklinghausen vereinigte die Virchow'sche und Brücke'sche Theorie, indem er nicht allein den Einfluss der intacten lebenden Gefässwand anerkennt, sondern auch ein besonderes Gewicht auf Cirkulationsstörungen legt.

Während bei diesen Theorien die Thrombose als ein reiner Gerinnungsvorgang betrachtet wird, zeigte Zahn, dass es auch Thromben gibt, welche hauptsächlich durch Ablagerung und Anhäufung von farblosen Blutkörperchen entstehen. Und Ebert und Schimmelbusch endlich fanden, dass infolge von Cirkulationsstörungen an der Innenfläche der Gefässwand eine Conglutination von Blutplättchen erfolgt, welche unter Einschluss zelliger Elemente und sekundärer Fibrinausscheidung zur Thrombenbildung führt.

Alle diese Theorien beruhen zweifellos auf durchaus richtigen Beobachtungen, doch leidet jede für sich allein betrachtet an Einseitigkeit; diese verschiedenen Theorien widersprechen sich auch keineswegs, sondern ergänzen sich vielmehr. Ferner steht keine von ihnen im Widerspruch zur Al. Schmidt'schen Gerinnungslehre, indem man sehr wohl annehmen kann, dass die bei der Thrombose gewöhnlich auch zu beobachtende Fibrinausscheidung unter der Einwirkung eines von geschädigten und absterbenden Zellen oder zerfallenden Blutplättchen gebildeten Fermentes bedingt wird.

Allein diese Annahme stützte sich bisher nur auf theoretische Erwägungen und auf die Thatsache, dass allerdings bei der Thrombose sehr häufig eine Veränderung der Gefässwand und ein Untergang von zelligen Elementen, farblosen Blutkörperchen oder Endothelien, sowie von Blutplättchen beobachtet werden kann.

Es fehlte aber auch hier der sichere Nachweis von bestimmten räumlichen Beziehungen der Fibrinausscheidung zu absterbenden zelligen Elementen, aus welchen mit Bestimmtheit ein Abhängigkeitsverhältnis jener zu letzteren hätte angenommen werden müssen.

Konrad Zenker ist es nun durch seine Untersuchungen über die feineren Vorgänge bei der intravasculären Fibringerinnung gelungen, den Nachweis zu führen, dass thatsächlich auch

bei der Thrombenbildung histologische Bilder beobachtet werden können, welche in überzeugendster Weise ein derartiges Abhängigkeitsverhältnis der localen Fibrinausscheidung von absterbenden zelligen Elementen des Blutes oder der Gefässwand erkennen lassen.

Und zwar fand er, ganz in Übereinstimmung mit der Brücke-Cohnheim'schen Theorie, wie das Fibrin sich zunächst an der des Endothels beraubten Gefässwand in der Form höchst auffälliger bürstenähnlich-abstrahlender Fäden niederschlägt, welche frei in das Gefässlumen hereinragen.

Ferner sah er, wie von Blutplättchenhaufen Fibrinfäden nach allen Seiten hin in radiärer Richtung in einer Weise ausstrahlen, dass derartige Bilder, wie man sich durch einen Blick auf die Abbildungen überzeugen kann, eben nur in einem Abhängigkeitsverhältnis der Fibrinausscheidung von den Ferment bildenden Plättchenhaufen eine befriedigende Erklärung finden können. Auch fand K. Zenker frei im Gefässlumen liegende sternförmige Fibrinfiguren, in deren Centrum oft ein mit Karmin sich noch intensiv rot tingirendes Kernfragment zu erkennen war, von welchem dann das Fibrin wie in der Form von Krystallnadeln abstrahlte.

Und endlich konnte er auch innerhalb abgestossener oder absterbender Endothelzellen selbst eine Ausscheidung von Fibrin in der Form sehr zierlicher und auffälliger sternförmiger Gebilde beobachten, deren Entstehung man sich wohl in der Weise vorzustellen hat, dass das die abgestorbene Endothelzelle durchtränkende Plasma durch das in dieser sich entwickelnde Ferment im Zellenleib selbst zur Gerinnung gelangt.

Auffallend ist es, dass K. Zenker innerhalb der Gefässe niemals locale Beziehungen der Fibrinausscheidung zu Leukocyten wahrnehmen konnte, wenn man nicht jene mit abstrahlenden Fibrinnadeln besetzten Kernfragmente als Reste zerfallener Leukocyten deuten will.

Sehr häufig konnte er dagegen die vom Vortragenden beschriebenen Gerinnungscentren ausserhalb der Gefässe im entzündlich infiltrirten Gewebe beobachten.

Man kann nicht leugnen, dass durch diese schönen Untersuchungen K. Zenker's eine wesentliche Lücke in unserer Erkenntnis der Fibringerinnung innerhalb der Gefässbahn ausgefüllt

worden ist. Denn es ist durch dieselben der unwiderlegliche Nachweis erbracht, dass thatsächlich bei den ersten Anfängen der Thrombenbildung ein Abhängigkeitsverhältnis der localen Fibrinausscheidung von absterbenden zelligen Elementen im Sinne der Al. Schmidt'schen Theorie sich auch histologisch erkennen lässt.

Leider war es K. Zenker nicht mehr vergönnt, seine fast völlig abgeschlossenen Untersuchungen, durch welche sein Name in der Wissenschaft fortleben wird, der Öffentlichkeit zu übergeben. Es wird daher die ausführliche Publikation derselben mit Reproduction der zahlreichen von dem Verfasser meisterhaft ausgeführten Abbildungen von Freundes Hand an anderer Stelle erfolgen.

Das Diluvium der Umgegend von Erlangen.

Von Dr. Max Blanckenhorn.

(Vorgetragen in der Sitzung am 11. Juni 1895).

Geognostische Studien in der Umgegend von Erlangen führen auch hier wie vielfach anderwärts bald zu dem Ergebnis, dass den Wirkungen und Bildungen der Diluvialzeit die grösste Rolle ebensowohl in der Herausbildung des Oberflächenreliefs wie in der Zusammensetzung des Bodens zufällt. Wenn auch in hiesiger Gegend aus jener niederschlagsreichen Zeit der Vergletscherung Nordeuropas und der Alpen bis jetzt keine sichere Spur von echten Glazialerscheinungen oder glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen irgend welcher Art vorliegt, so bietet doch das Diluvium im Gegensatz zu dem im ganzen eintönigen Alluvium, den jüngsten Anschwemmungen innerhalb des heutigen Ueberschwemmungsgebiets der Regnitz und ihrer Zuflüsse, ein vielfaches Interesse und zeigt eine reichere Gliederung, wie sie bisher von hier nicht gekannt war. Eine vorläufige kurze Zusammenstellung der bisherigen Ergebnisse meiner Untersuchungen dürfte daher am Platze sein [1]).

Zum Diluvium gehören in der hiesigen Gegend ganz wie am Main bei Würzburg einerseits Sande und Geröllagen, andererseits mächtige mehr oder weniger Geröll führende Lehme und typischer Löss oder kalkhaltiger Lehm mit fossilen Landschnecken. Diese Gebilde nehmen die verschiedensten Höhen über dem Meere ein und sind z. Th. gegeneinander in Terrassen mehr oder weniger deutlich abgestuft. Freilich sind diese Terrassen an den verschiedenen Thälern und Höhenzügen nicht ganz gleich entwickelt. Mit kurzen allgemeinen Bemerkungen ohne

1) Eine geognostisch-agronomische Karte des Untergrunds und der unmittelbaren Umgegend der Stadt Erlangen, auf welcher auch die im Folgenden von mir besprochenen Verhältnisse theilweise d. h. dem Umfang der Karte entsprechend dargestellt werden sollen, wird augenblicklich bearbeitet von A. Geigenberger.

jede lokale Bezugnahme lässt sich ihre Beschaffenheit nicht auseinandersetzen. Es empfiehlt sich, einzelne Gebiete zunächst mehr für sich zu behandeln und zwar zuerst das linke Ufer der Regnitz, dann das rechte derselben mit Bezug auf die tieferen Diluvialterrassen speziell bei und in der Stadt Erlangen, weiterhin das Schwabachthal, schliesslich die höheren entfernteren Terrassen des rechten Regnitzufers theils im Norden des Schwabachthals, theils im Süden.

I. Die Terrassen des linken Regnitzufers.

Die meist mit feuchten Wiesen bedeckte Alluvialebene der Regnitz, $^1/_2$—2 m über dem mittleren Flusswasserstand, weist von S nach N folgende Höhen über dem Meeresspiegel auf: bei Fürth 287—285 m, bei Vach 281 m, zwischen Bruck und Schallershof 276 m, bei der Neumühle 273,5 m, an der Brücke der Dechsendorferstrasse 270 m, unterhalb Erlangen 267 m. Innerhalb dieser Ebene sieht man noch Theile ehemaliger Regnitzflussläufe, die jetzt abgeschnitten sind, bis unmittelbar an den Fuss der Diluvialterrassen herantreten.

Steigt man auf dem linken Regnitzufer gegenüber Erlangen jenseits des alluvialen Wiesengrundes aufwärts, so erscheinen innerhalb des Diluviums drei Terrassen von geröllführenden Sanden.

Die tiefste derselben trägt die ersten menschlichen Ansiedlungen jenseits des Flusses und zwar in der Reihenfolge von S nach N, die tiefern Häuser der westlichen Vorstadt von Fürth auf dem linken Rednitzufer, das Dorf Vach in seinem tiefer gelegenen Theil, das Dorf Alterlangen grösstentheils, St. Johann, das Gebäude der neuen Erlanger Wasserleitung, Oberndorf und Möhrendorf zum Theil.

Wir können diese erste Terrasse als diejenige von Alterlangen oder mit Bezug auf ihren Charakter als Vorterrasse oder Vorstufe bezeichnen. Sie ist nämlich im Vergleich zu den höheren wichtigeren Terrassen viel wenig scharf und selbständig ausgeprägt und erscheint meist mehr als vermittelndes Zwischenglied zwischen Alluvialfläche und der zweiten Terrasse eingeschaltet. Letzterer ist sie als schmale an Höhe und Breite unregelmässig wechselnde Zone vorgelagert, nicht selten verschwindet sie auch ganz.

Sie erhebt sich auf dem linken Regnitzufer vor dem Weiler

Schallershof nur unmerklich etwa 1 m über dem Alluvialgrund (mit 277 m Meereshöhe); im NW der Neumühle erscheint sie nördlich vom Wege nach Büchenbach als breitere Platte (275,5 m hoch) 1,50 m über dem Alluvium hier direkt zu einem alten Flussbett der Regnitz abfallend, das weiter am NO-Ende des alten Exerzierplatzes unmittelbar an die folgende zweite Terrasse herantritt. Erst in Alterlangen (274 m) kommt die erste Terrasse wieder mehr zur Geltung als $1^1/_2$—2 m hohe Halbinsel, die weit in die Alluvialfläche vorspringt und das ganze Dorf trägt mit Ausnahme des westlichsten Hauses Nr. 35, das schon auf der höheren Terrasse erbaut ist. Im N von St. Johann erhebt sie sich sogar 4 m über dem Alluvium. Wie die halbinselartigen Vorsprünge vom Thalrand gegen die Thalsohle gehören auch vereinzelte inselartige Erhebungen von 1—3 m mitten im Alluvium dieser ersten Terrasse an.

Die Sande, aus denen die Terrasse aufgebaut ist, enthalten häufig kleinere Gerölle von harten Gesteinsarten des Keupers, Lias, Doggers und Malms.

Die zweite Terrasse ist die auffallendste unter den Diluvialterrassen des Regnitzthals. Sie lässt sich überall aufs deutlichste verfolgen. Auf dem linken Regnitzufer bildet sie eine breite Zone in der Mitte des westlichen Abfalls der plateauförmigen Keuperlandschaft in einer Höhe von 4—9 m über dem Alluvium.

Die Terrasse besteht aus Sanden mit zahlreichen Geröllen, besonders aus Keuper und Malm, die manchmal wie an der Neumühle zu förmlichen Kiesbänken sich vereinigen. Von S nach N wandernd finden wir diese Terrasse zunächst gegenüber Fürth auf $^1/_3$ bis $^2/_5$ Höhe des Abhangs des linken Rednitzufers aufs deutlichste ausgeprägt. In Vach und südlich davon liegt diese Terrasse 285—288 m hoch in einer Durchschnittshöhe von 3—6 m über dem Alluvium. Südlich vom Aurachthal im SO des Bahnhofs Frauenaurach fällt die Terrasse aus der Höhe von 286 m mit 9 m direkt zum Wiesengrund der Regnitz ab. Hier ist sie sehr reich an Geröllen namentlich von Keupersandsteinen. In Schallershof ist sie am niedrigsten, nur 2,40 m (278,4 m über dem Meeresspiegel), steigt dann bald nördlich von Schallershof auf 4 m Höhe über dem Alluvium (279,5 m), an der Neumühle 4,8 m (278,8 m). Hier breitet sie sich zu der Ebene des alten Erlanger Exerzier-

platzes aus, in deren Mitte man noch eine 1 m hohe wellige Bodenanschwellung wahrnimmt, die den westlichen Teil dieser Ebene ziemlich plötzlich um 1 m höher erscheinen lässt als den östlichen bis zum Aussenrand. Diese aus Sand bestehende Bodenerhebung („Terrasse II$^1/_2$") lässt sich auch noch eine Strecke nördlich vom eigentlichen Exerzirplatz durch den Wald verfolgen, aber nur hier. In der übrigen Umgebung von Erlangen habe ich sie noch nicht wahrgenommen. Es kommt ihr also wohl nur lokale Bedeutung zu. Am N-Ende des Exerzirplatzes mass ich die Erhebung der zweiten Terrasse an ihrem Aussenrand direkt über dem Alluvium ohne Einschaltung der Vorterrasse = 4,60 m (also 278 m). Bei St. Johann, wo die Dechsendorfer Strasse schnell zu ihr emporsteigt, sind es 7 m (277 m), am untern Seebach, einem linken Zufluss der Regnitz im NW von St. Johann = 4,60 m (278 m).

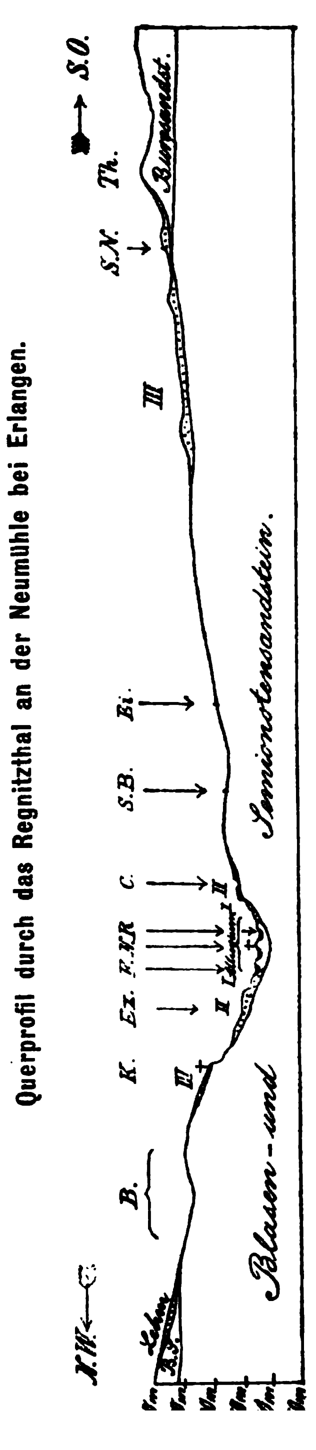
Charakteristisch ist nun für das ganze linke Regnitzufer die durchaus einheitliche Beschaffenheit des auf den Innenrand der zweiten Terrasse folgenden Abhangs. Ueberall von Fürth bis zum Exerzirplatz, wo man auch über der zweiten Terrasse aufwärts steigt, trifft man erst auf sanfter, dann steiler ansteigendes Terrain mit zu Tage tretenden Keuperschichten. Es ist auf genannter Strecke stets der gleiche Horizont des über dem Blasensandstein folgenden Coburger Bau- oder Semionotensandsteins und der bunten Lettenschiefer an der untern Grenze der Burgsandsteinstufe (kp 5 und kp 6 der Gümbel'schen Erläuterungen zu Blatt Bamberg). Die Schichten bestehen aus rothen und grauen Letten, die mit mürben, unten mehr feinkörnigen, oben mehr grobkörnigen schwarzgefleckten Sandsteinbänken wechseln. Am schönsten sind diese Schichten aufgeschlossen oberhalb Vach in der grossen Hauk'schen Ziegelei, welche die dort mächtigen verschiedenartigen Lettenlagen verwendet. Bei Schallershof und Büchenbach kommen in diesen Schichten verkieselte Coniferenhölzer und Chalcedonknollen vor.

Wandert man in der Richtung des umstehenden Profils über die Ebene des alten Exerzirplatzes gegen W, so gelangt man hinter der Terrainstufe II$^1/_2$ bald über Keuperschichten, die zunächst auf sanft ansteigendem welligem Terrain anstehen, zuletzt an einen bis 3$^1/_2$ m hohen Steilabfall von Keuperschichten, über dem dann eine neue ebene Fläche, die dritte Diluvialterrasse anhebt.

An ihrem Aussenrand steht eine Kapelle am Wege Neumühle-Büchenbach bei 290 m. An der Aussenkante der Terrasse erkennt man nur eine dünne Sandlage als Bedeckung über dem Keuper. Aber diese oberflächliche Lage charakterisirt sich durch Führung von echten petrefaktenführenden Hornsteingeröllen des weissen Jura als zweifellos diluviale Bildung. Auf dieser Terrasse liegt nun das Dorf Büchenbach, dessen höchste Häuser 298 m Meereshöhe erreichen.

Die Diluvialbildungen auf dem Plateau westlich der Regnitz gehören fast alle dieser Terrasse an.

Von S nach N gehend finden wir solche zunächst westlich von Fürth südlich der Würzburger Strasse in Gestalt von mehr oder weniger geröllführenden Sanden und Lehm. Die Hochebene dieser Diluvialterrasse prägt sich hier ausgezeichnet aus in einer gleichmässigen Meereshöhe von 310—320 m und zieht sich südwärts bis zu dem Fusse des



Querprofil durch das Regnitzthal an der Neumühle bei Erlangen.

B = Büchenbach (c. 298—288 m), K = Kapelle am Wege Neumühle-Büchenbach (290 m), Ex = Alter Exerzierplatz (278,8 m), F = Altes Flussbett (274 m), N = Neumühle (274 m), R = Regnitz (273 m), C = Ludwigs-Kanal (282 m), S.B. = Strasse nach Bruck (284 m), Ei = Eisenbahn von Erlangen nach Nürnberg (287 m), SN = Strasse nach Nürnberg (302 m), Th = Thurmberg bei Tennenlohe (312 m), BS = Burgsandstein des mittleren Keupers, III, II, I = dritte, zweite, erste Diluvialsandterrasse.

aus ihr aufragenden Höhenzuges „Zirndorfer Forst“ mit der „Alten Veste“. Weiter nördlich begegnen wir zwischen Stadelhof und Atzenhof bei 308 m förmlichen Kiesen, die gegen W mehr in Sand überzugehen scheinen. Die bis faustgrossen Gerölle erweisen sich bei genauerer Untersuchung vorwiegend als solche von Petrefakten (Spongien, Brachiopoden, z. B. *Rhynchonella lacunosa* SCHLOTH. u. a.) führenden Malmhornsteinen, neben denen Gerölle von Eisensandstein und Thoneisenstein aus Dogger und Lias und Keupersandsteine und Chalcedone hier mehr untergeordnet auftreten. Auf der Höhe des Sandberges im S von Vach erscheinen Sande der dritten Terrasse bei 300 m Meereshöhe 18 m über dem Alluvium. Bei Vach selbst fand ich den Aussenrand des Plateaus nahe der Hauk'schen Ziegelei 298—303 m hoch, hier allerdings ohne Sandbedeckung. Gegen W steigt das Plateau nach den topographischen Karten hier wie überall langsam zu 325 oder 329 m Höhe an. Im S des Aurachthales dürften der dritten Terrasse die Diluvialsande im S und W von Kriegenbrunn bei 300—308 m angehören, welche weiter westlich durch lehmige Bildungen ersetzt werden. Nördlich von der Aurachmündung am Geisberg zwischen Frauenaurach und Schallershof zieht sich diese Terrasse wieder ebenso wie dort auch die erste und zweite Terrasse auffallend tiefer hinab bis zu 288 m (12 m über dem Alluvium); etwas nördlich von Schallershof liegt derselbe Aussenrand schon wieder 289,6 m hoch (14 m über den Thalwiesen).

Auch hier folgen westlich in einiger Höhe diluviale Lehmablagerungen auf den Aeckern am Osthang des Geisbergs bei 299 m, ebenso im Dorfe Steudach oben auf dem Plateau bei 308 m, wo Lehme mit Diluvialsanden wechsellagern, und am Klosterholz westlich davon bei 315—335 m, am Wege Steudach-Büchenbach bei 302 m und am Dummetsweiher bei Kosbach (298—300 m), dessen Untergrund aus Lehm besteht.

Der meist dunkelbraune Lehm enthält vielfach zahlreiche runde gleichgrosse braunschwarze Flecken oder wirkliche harte Knöllchen von durchschnittlich Erbsengrösse. Sie stellen eine charakteristische Eigentümlichkeit der Diluviallehme der III. Terrasse in der ganzen Umgegend von Erlangen dar. Manchmal häufen sich die Knöllchen zu vollständigen bohnerzähnlichen Lagen an. Sie bestehen aus schwarzem, durch Thon und Sand verunreinigtem, z. Th. manganhaltigem Brauneisenstein. Es sind dieselben

„Knöllchen“, die GÜMBEL[1]) aus dem Löss von Nördlingen im Ries erwähnt und von denen er a. a. O. eine Analyse mitteilt. CHELIUS und VOGEL[2]) fanden solche „Manganknötchen“ am Odenwald im kalkfreien dunkelbraunen „Laimen“ oder „Lösslehm“, der aus der Verlehmung, d. h. Entkalkung und Verwitterung des älteren Löss entstanden gedacht wird. STEINMANN[3]) sah „Mangankonkretionen oder Knötchen in sämtlichen rotbraunen Leimenlagen“ des ältern Löss im badischen Oberlande. Nach GUTZWILLER[4]) sind manganhaltige Eisenoxydhydratkonkretionen überall“ im Löss bei Basel „verbreitet und zwar in den gelben bis braunen Lösslehmen“ d. h. den Leimenlagen „reichlicher und in grösserer Form als im eigentlichen grauen Löss“. Diese Vergleiche machen die Annahme fast zur Gewissheit, dass man es auf den Höhen des linken Regnitzufers mit verwitterten Lössbildungen zu thun hat. Nur die Angabe von LEPSIUS[5]), dass diese kleinen schwarzen Manganknötchen auch schon in den grauen Thonen des unteren (d. h. lössfreien) Diluviums am Mittelrhein in grosser Menge vorkommen, steht damit in Widerspruch. Schneckenschalen und Kalkkonkretionen wurden hier nirgends mehr beobachtet, sie sind der Auslaugung zum Opfer gefallen.

Ein Umstand bleibt noch zu erwähnen: Auch da wo weder typische Diluvialsande noch Lehme vorkommen, findet man auf den Hochflächen von Büchenbach und Steudach grössere Gerölle dem Verwitterungsboden des Keuperuntergrundes beigemengt, die nicht alle aus dem Keuper selbst herrühren, sondern von Diluvialgewässern herbeigeführt sein müssen. Neben weissem Quarz, Rosenquarz, Jaspis, Chalcedon, Holzstein und schwarzem Kieselschiefer[6]), wie sie auch im Burg-, Semionoten- und Blasensand-

---

1) v. GÜMBEL: Geogn. Beschreibung der fränk. Alb (Frankenjura) 1891 p. 166.

2) CHELIUS und VOGEL: Zur Gliederung des Löss (Neu. Jahrb. f. Min. 1891, I p. 105).

3) STEINMANN: Ueb. d. Gliederung des Pleistocäns im bad. Oberlande. (Mitth. d. Grossh. Bad. geol. Landesanst. II, Bd. XXI 1893 p. 751, 753).

4) GUTZWILLER: Die Diluvialbild. d. Umg. v. Basel (Verh. d. nat. Ges. Basel, X, 3, 1895 p. 630, 632, 637).

5) LEPSIUS, Geologie v. Deutschland 1892 p. 646.

6) Die häufigen glänzendschwarzen, weissgeäderten Lydite, welche von SCHARFF (Die Gerölle des unteren Mainlaufs, Notizbl. d. Ver. f. Erdk.

stein anstehend zu finden sind, erscheinen thonige Hornsteine aus weissem Jura, Doggersandsteine und Angulatensandstein mit *Cardinien*. Speziell im S von Steudach, am Wege nach Frauenaurach, sieht man derartige Gerölle bei 315 m Meereshöhe in der oberflächlichen Keupersandlage so zahlreich angehäuft, als ob hier eine vierte Schotterterrasse vorläge, die die höchsten Plateauteile einnimmt. Die harten Gerölle zeigen alle mehr oder weniger scharfgratige stumpfwinklige, durch Deflation oder Sandwehen entstandene Kanten. Es sind echte „Kantengerölle“ oder „Dreikanter“.

Weiter im N begegnen wir auf dem linken Regnitzufer oberhalb der zweiten Terrasse auch häufiger hügelartigen Zusammenwehungen von Flugsand. Längs des ganzen untern Seebachs, eines linken Nebenflusses, z. B. in der Waldparzelle nordwestlich von St. Johann und von Grossdechsendorf an längs des Moorbachs, erscheinen dünenartige Züge, die 9 bis 13 m hoch über dem Rand der zweiten Diluvialterrasse sich erheben und mit Vorliebe in der Richtung von OSO nach WNW streichen.

II. Das rechte Regnitzufer.

Auf dem rechten Ufer der Regnitz zwischen Fürth und Erlangen stellt sich das Profil des Thalgehänges in ganz anderer Weise dar. Die das Thal begleitenden Höhen oder besser Hochebenen sind allgemein um durchschnittlich 20—25 m niedriger als im W. Erst in grösserer Entfernung nach O zu finden wir mit dem beginnendeu Burgsandstein Erhebungen von mehr als 30 m über dem Regnitzniveau. Die Diluvialbildungen des jetzigen Thalgehänges oder Plateaurandes beschränken sich auf die beiden tieferen lehm- und lössfreien Terrassen. Darauf folgt auch hier eine fortlaufende Zone von anstehendem Keuper (Blasen- und Semionotensandstein), nur dass sie, anstatt wie bei Vach, Schallershof, Büchenbach 100—200 m, hier 3—5 km breit wird. Erst jenseits

---

Darmstadt III. Folge, 1. Heft, p. 24) und Klemm (Die Gliederung des Schwemmlandes am untern Main. Notizbl. d. Ver. f. Erdk. Darmstadt IV. Folge, 13. Heft, p. 27) als charakteristisch für die Hochterrassenschotter am untern Main angesehen werden, brauchen nicht direkt aus dem Fichtelgebirge zu stammen, sondern nur indirekt. Ihre sekundäre Lagerstätte ist der Keupersandstein Ober- und Mittelfrankens.

dieses breiten Gürtels erscheinen wieder Diluvialablagerungen und zwar als zusammenhängendes Band, das sich unbekümmert um die von ihm durchzogenen Querthäler in der Richtung von SO nach NW hinzieht und in der Gegend von Erlangen erst sich dem heutigen Regnitzthal anschliesst. Dies ist die dritte Terasse des rechten Regnitzufers. Als Unterschiede gegenüber der Ausbildung des Diluviums auf dem linken Regnitzufer hebe ich ausser der grösseren Breite des Keuperlandes zwischen der zweiten und dritten Terrasse noch das mehrfache Auftreten von anstehendem Keuper auch zwischen erster und zweiter Terrasse oder direkt am Fusse der tiefsten Diluvialterrasse hervor, sowie das Fehlen von lehmigen Ablagerungen der dritten Stufe wenigstens im N und S von Erlangen, die hier durch Flugsand ersetzt sind, während weiter östlich an den Gehängen der hier folgenden höher aufragenden plateauförmigen Bergzüge wieder lehmige Bildungen mit typischem Löss als Bedeckung der Schotter der III. Terrasse vorherrschen.

Wir wenden uns zunächst der Beschreibung der tieferen Terrassen zu.

A. Die beiden tieferen Terrassen des rechten Regnitzufers.

Die Bedeutung der zweiten Terrasse tritt uns schon beim Beginn des jetzigen Regnitzthals entgegen in der Stadt Fürth. Die Terrasse bedeckt die ganze Landzunge zwischen den sich zur Regnitz vereinigenden Flüssen Rednitz und Pegnitz, auf der Fürth zum grössten Theil bei 295 m Meereshöhe (8 m über dem Rednitzalluvium) liegt. Von hier aus verfolgt dann der Damm der ganzen Eisenbahnstrecke Fürth-Erlangen ungefähr ihr Niveau ebenso wie der Ludwigskanal.

In Manhof gegenüber Vach erhebt sich eine tiefere (I.) Terrasse 4 m über den Thalwiesen bei 285 m als Untergrund der tiefsten Häuser des Dorfs. Schon am Fusse dieser Terrasse begegnen wir dort Spuren anstehenden Keupers. Deutlicher treten wellig geschichtete manganfleckige grobe Keupersande mit Geröllen an der steilen Böschung der II. Terrasse auf. Ueber ihnen liegen am Aussenrand der letzten höchstens 1 m feinkörnige Diluvialsande bei 289—290 m. Der auf der Hochebene weiter westlich zurückliegende Bahnhof Vach hat die Höhe von 291—292 m.

Im N von Manhof ragt aus der II. Terrasse an der Nürnberger Strasse eine Keuperinsel, der „Platten“ genannte Hügel, bis zu 297 m empor. Im S von Königsmühle fällt die II. Terrasse bei 288 m mit 8 m direkt zum Alluvium ab. Westlich erhebt sich aus letzterem die Insel „in der Bieg“ bis fast zu gleicher Höhe. Im S von Eltersdorf beträgt der Höhenunterschied zwischen II. Terrasse (286,30 m) und Alluvium noch 7—7,30 m; im N von Eltersdorf, das selbst vollständig auf dieser hier weit ausgebreiteten Terrasse von geröllführenden Sanden steht, mindert sich derselbe Unterschied am Rande der Terrasse auf 6 ja 4 m (284—283 m) und steigt dann wieder im S des Eisenbahnübergangs der Herzogenauracher Sekundärbahn auf 8 m (also 285 m) über dem Alluvium. Hier tritt im Niveau der Strasse auch deutlich wieder die I. Terrasse darunter auf (bei 279,6 m), die unmittelbar mit 3,7 m zum Wasser der Regnitz abfällt. Sie lässt sich von nun an regelmässig bis Erlangen verfolgen. Bis zur Gegend der Neumühle fehlt jetzt das Alluvium vollständig oder beschränkt sich auf einen schmalen Strich. Die Strasse bezeichnet nach dem Uebergang über den Frauenauracher Eisenbahndamm, der 2 m über der I. Terrasse liegt, den Aussenrand der letzteren, so durch ganz Bruck hindurch, dessen grösserer Teil, z. B. auch die Kirche bei 279 m, der I. Terrasse angehört. Der Ludwigskanal liegt schon bei 282 m auf der II. Terrasse, die indess keine Diluvialbedeckung trägt. Diese erscheint auf ihr deutlich erst wieder im O der Neumühle in dem Kiefernwäldchen westlich vom Kanal bei 780,5 m, wo die I. Terrasse mit 276,5 m als Stufe von 2½ m über dem Alluvium der Regnitz deutlich vorgelagert ist. Es folgt nun wieder im W des Kanals ein Vorsprung der Hochebene, genannt Erli (nach einem Erlengebüsch im S desselben?), der bei 280,3 m die ersten südwestlichsten Häuser von Erlangen trägt. Ihm ist im N mit 276 m eine breite Platte der I. Stufe 3 m über dem alluvialen Tucherswehr vorgelagert. Wir überschreiten nun an der Schleuse im N des Hafens definitiv den Kanal und fassen den Untergrund der Stadt Erlangen an ihrem Westsaum ins Auge.

Wie bei Fürth, ist der grösste Teil, speziell der alten Stadt Erlangen, soweit sie innerhalb der Stadtmauer gelegen ist, in einer Meereshöhe von 280—281 m auf der II. Terrasse, die wir daher auch als Erlanger Terrasse bezeichnen können, erbaut.

Meist fällt ihr Aussenrand direkt zur Alluvialebene ab mit 7—8 m. Die tiefere erste Diluvialterrasse von Alterlangen ist nur an wenigen Stellen als Vorstufe deutlich erkennbar zwischengeschaltet. Ihre ehemalige Existenz kommt bisweilen nur noch durch den langsameren, flacheren Abfall der Hauptterrasse zum Ausdruck, indem die früher vorhandenen ein- und ausspringenden Winkel durch Menschenhände und Naturkräfte abgestumpft worden sind.

Von der Schleuse im N des Kanalhafens an verläuft der Terrassenabfall durch den Neustädter Friedhof zur Brucker Strasse. Die äusserste in rechtem Winkel vorspringende NW-Ecke des Friedhofs ist aufgeschüttet. Der 7—8 m hohe Steilabfall zieht sich nun längs der Brucker Strasse zur Eisenbahn, deren Damm dann eine Zeit lang bis zur Kuttlerstrasse den Rand bezeichnet. Nur an der sogenannten Gerberei ist eine Halbinsel aus der tiefen Terrasse bestehend vorgelagert, wodurch hier die Böschung abgeflacht wird. Solche von der Natur gebotene Brücken, die den Uebergang aus der höheren Ebene des Stadtterrains in die Thalebene erleichtern, sind mit Vorliebe von den menschlichen Bewohnern zu Anlage von Verkehrswegen und auch zur Ansiedlung ausgenutzt worden. Das gilt für diese Stelle ebensowohl wie für das weitere Auftreten und die halbinselartigen Vorsprünge der tieferen Vorstufe im NO und N der Stadt. Die folgende Henninger'sche Brauerei steht hart am Rande der obern Terrasse. Eine sandige Vorstufe vermittelt hier den Abfall gegen N zur Fuchsenwiese. Dieselbe setzt sich fort gegen O in dem hier tief gelegenen nördlichsten Teil der Westlichen Stadtmauerstrasse. Dies ist der einzige Teil der alten Stadt, der ausserhalb der Hauptterrasse gelegen ist. Hier bezeichnet die Hauptstrasse selbst von der Engelstrassenecke bis zum Altstädter Kirchenplatz den Aussenrand der Erlanger Terrasse, den dann die Schulstrasse und Lazarethstrasse einnimmt. In der Verlängerung des Vorsprungs der Terrasse an der Pfarrstrasse ragt die isolirte Insel des Martinsbühl mit dem Altstädter Friedhof aus der Alluvialebene. Es ist die einzige derartige Insel im Regnitzthale der Umgebung, welche die Höhe der zweiten Terrasse erreicht. Dieser kleine Hügel wird noch dadurch besonders interessant, dass er das älteste geschichtlich nachweisbare Gebäude Erlangens, nämlich die

Martinskapelle als erste christliche Kirche (gestiftet um 794? unter KARL DEM GROSSEN) getragen zu haben scheint[1]).

Der relativ sanfte Abfall des Anfangs der Bayreuther Strasse lässt wieder auf früheres Vorhandensein der Vorstufe der ersten Terrasse schliessen, die den Uebergang zur Thalsohle der Schwabach vermittelt. Auf letzterer stehen bereits die letzten Häuser links an genannter Strasse diesseits des Bachs und die tieferen Häuser der Vorstadt Essenbach, während die höher gelegenen Häuser und Gärten zwischen der Bayreuther Strasse, Jägerstrasse, Bergstrasse und dem Fusse des Burgbergs wohl schon der Erlanger Terrasse angehören dürften.

Aus der Gegend im N von Erlangen erwähne ich an dieser Stelle nur die ausgedehnten Geröllmassen der II. Terrasse im Wiesentthal und untern Regnitzthal bei Eggolsheim, Hirschaid und Bamberg. Im Gegensatz zu den bisher besprochnen Vorkommnissen herrschen hier Kalksteine (nicht Hornsteine) des weissen Jura unbedingt vor. Neben ihnen findet man noch Eisensandstein des Doggers und Thoneisensteine des mittleren Lias- und Opalinusthons. Eigentümlich ist diesen Kalkschotterbildungen das aussergewöhnlich häufige Auftreten von vorzüglich ausgebildeten geologischen Orgeln (bei Hirschaid und Eggolsheim), trichter- bis zylinderförmigen Löchern, die mit braunem, sandigem Verwitterungslehm ausgefüllt und die durch von oben eingedrungene Sickerwässer entstanden sind.

B. Die tieferen Terrassen des Schwabachthals.

Diesseits, d. h. im S der Schwabach, springt innerhalb der Stadt Erlangen im O und parallel der Bayreuther Strasse bastionenartig ein schmaler Sporn der höhern Terrasse weit bis unmittelbar zur Schwabach vor. Nach Unterbrechung durch ein kurzes Thälchen, das mit der schon tiefgelegenen Dreizedernstrasse beginnt, tritt dieselbe hohe Terrasse auch weiterhin mit steilem Abfall unmittelbar an den Bach. Am Ende der Harfenstrasse erhebt sich die durch Aufschüttungen künstlich weiter vorgeschobene II. Terrasse der Stadt 8,25 m hoch steil aus dem Schwabachniveau (bei niedrigem Wasserstand). Von diesen fallen die untersten 1,40 m dem Alluvium zu, wie sich an den Ufern der gegen-

---

1) F. LAMMERS: Geschichte der Stadt Erlangen. 1834. p. 8.

überliegenden wiesenbedeckten Insel deutlicher ersehen lässt. 1,90 m über dem Alluvium, also 3,30 m über dem Fluss, deutet ein ausspringender Winkel an der steilen Böschung eine früher hier vorhanden gewesene, jetzt schuttbedeckte I. Vorstufe an. Erst von der Unteren Bleiche an wird die Böschung sanfter, ein Zeichen, dass wohl die tiefere Terrassenstufe vorliegt. Auf ihr stände dann das Wohnhaus der Unteren Bleiche, der untere Teil des Irrenanstaltsgartens und das Waschhaus der Anstalt mit seinem hohen Schornstein. So rückt der Rand der II. Terrasse bis an die Sieglitzhoferstrasse an der Ecke der Kaserne und springt erst hier wieder nach N vor. Die Villen an genannter Strasse gehören ihr ganz an, die anschliessenden Gärten freilich reichen zum Teil, wenigstens im W in tiefere Regionen mit 1 bis 2 Stufen bis an den Rand des Alluviums zu einem alten Flussbett der Schwabach.

Gegenüber liegt die Obere Bleiche auf der ersten Stufe, der zweiten gehört das Eichwäldchen, östlich vom Welsgarten an, in dem indessen die Diluvialbedeckung meist verschwunden und Keuperletten und Sandstein als Untergrund blossgelegt sind. Wie hier, so ist auch weiter oberhalb am Schwabachthal der Anstieg vom Rande der ersten zu dem der zweiten Terrasse oft gleichmässig geworden; der einspringende Winkel ist unter der Zeit durch die Wirkung der Atmosphärilien ausgefüllt. Immerhin gelingt das Erkennen der Grenzen an beiden Ufern an folgenden Stellen:

Dicht unterhalb der Schleifmühle auf dem linken Ufer scheint die I. Terrasse in einer Höhe von 3,50 m über dem Bach (letzterer hier unter dem Wehr 274—275 m) teilweise durch den Damm des Fusswegs (277,5 m) bezeichnet zu werden. Darüber folgt die steile 5 m hohe Böschung der II. Terrasse (282 m) mit mittelkörnigen Sanden und kleinen Geröllen von Doggersandstein und Malmhornstein. Auf dem rechten Ufer an der Brücke sieht man über dem Alluvium zunächst eine Vorstufe, deren Rand nur mit 0,60 m abfällt, die aber nach innen bis zu 3 m über dem Alluvium ansteigt. Links (westlich) vom Weg nach Spardorf liegt auf ihr die Gärtnerei von Böhmer, rechts Haferfelder. Ueber einen 2 m hohen Abfall steigt man dann zum Aussenrand der II. Terrasse (282,8 m) empor. In Sieglitzhof stehen die südlichen Häuser auf der I. Terrasse. Der Weg von dort nach Spardorf steigt aus dem Alluvium (277—8 m) über eine Böschung mit an-

stehendem Keuperletten zur II. Terrasse (289 m) empor, auf der 11 m über dem Alluvium die Ziegelei steht. Am Rande sind die Keuperschichten von geröllführenden Sanden verhüllt, treten aber auf der folgenden Ebene der II. Terrasse bald wieder hervor. In der folgenden Lehmgrube sieht man schöne geologische Orgeln in den Keuper eingesenkt, mit Gesteinstrümmern und rothbraunem, ehmigem, fest verkittetem Sand erfüllt.

Nahe der Haltestelle Spardorf fand ich die II. Terrasse in einem Hohlwege, durch den das Schienengeleise zur Ziegelei Spardorf führt, 1,90 m tief aufgeschlossen. Dort wechseln bei 290 m Höhe grobe Sande mit Lagen von grauem Thon und braunem, lehmigem Sand mit viel kleinen Juragesteinsgeröllen aus Lias und Dogger ab. Die Ebene der Strasse und Eisenbahn an der Haltestelle, 284,6 m hoch, $3^1/_2$—4 m über dem Alluvium oder Hochwasserstand, $5^1/_2$ m über der Schwabach (279 m), möchte ich hier der I. Terrasse zuteilen. Gegenüber sind beide Terrassen ganz besonders scharf ausgesprochen im Dorfe Buckenhof, dessen nördlichste Häuserpartie auf der I. bei 283 m stehen, während die übrigen dem Rande der II. bei 288 m angehören.

C. Die dritte Terrasse des rechten Regnitzufers.

Wir sind auf der linken Regnitzseite den Spuren des linken Ufers eines einstigen grossen Stromes gefolgt, dessen Spiegel ungefähr 25 m über dem heutigen Regnitzniveau gelegen haben mag. Wo aber befand sich das rechte Ufer dieses Stroms der III. Terrasse? Suchen wir nach den entsprechenden Höhen, wie wir sie am Rande des jenseitigen Plateaus für diese Terrasse festgestellt, auf dem rechtsufrigen Regnitzgebiet, so gelangen wir im S von Erlangen in eine sich weit vom heutigen Regnitzufer entfernende breite Zone, die wir im Gegensatz zu dem sich einschiebenden breiten Keuperstrich meist von sandigen Diluvialbildungen bedeckt sehen, eine Zone, die sich vom neuen Exerzirplatz im SO der Stadt über Tennenlohe und Ziegelstein bis nach Behringershof an der Pegnitz und noch weiter in derselben südwestlichen Richtung bis östlich Altdorf zur Schwarzach erstreckt. Nur der von Altdorf aus der Pegnitz zugehende Röttenbach, sonst kein zusammenhängender Flusslauf durcheilt heute der Länge nach diese charakteristische Zone von Diluvialsanden, die nirgends durch grössere Erhebungen und älteres

anstehendes Gestein unterbrochen, sondern nur von zahlreichen kleinen O—W gerichteten Querthälchen durchschnitten wird. Es ist eine Region des Flugsandes und der windgeschliffenen Kantengerölle von Doggersandstein. Die Gerölle und groben Sande sind im allgemeinen an tiefere Lagen gebunden. Besonders angehäuft erscheinen sie im O von Kraftshof in einer Meereshöhe von 310—320 m und im SO des neuen Exerzirplatzes. „Der in Form von Flugsand verbreitete fahlgelbe vorherrschend feine Sand ist an vielen Stellen zu Dünen vom Winde umgelagert und aufgehäuft“ [1]). Förmliche „Dünenhügel kommen z. B. nördlich von Altdorf in der sogenannten Wolfsgrube und im Fichtach bis gegen den Bach Namens Ursprung hin vor“. Niedrige Wellen vorherrschend in OW Richtung weist das ganze Terrain westlich von der Mündung des genannten Röttenbachs an der Rollach und Rossau, dann jenseits der Pegnitz zwischen Behringersdorf und Ziegelstein (330—340 m) und im Nürnberger Sebalduswald zwischen Tennenlohe und Erlangen (290—305 m) auf (vergl. das obige Profil Fig. 1 bei SN).

Diese weitgedehnte sandige Zone von Altdorf nach Erlangen wird gleichzeitig charakterisirt durch eine fast zusammenhängende Reihe von moorigen Gründen, „ebenen, sumpfigen Flächen, deren Boden aus einem Gemenge von abgestorbenen in eine torfige Substanz umgewandelten Pflanzenresten und aus losen Sanden besteht“ [2]). Mit den Sümpfen im Nürnberger Wald am Röthelheimgraben und seinen Nebenbächen und am neuen Exerzirplatz endigt diese Reihe im N [3]).

Die Gewässer, welche in der beschriebenen Zone im O des Regnitzthals das Material an Sand absetzten, das nachher im ausgetrockneten Flussbett als Flugsand verweht wurde, bildeten mei-

---

1) Gümbel: Erläuterungen zu Blatt Neumarkt, p. 42.

2) Gümbel: Geogn. Beschreibung d. fränk. Alb (Frankenjura), p. 430.

3) Dr. A. Geigenberger, ein Schüler von mir, hat neuerdings durch Bohrversuche festgestellt, dass unter der Diluvialsanddecke der Moorzone vom Exerzirplatz nach S durchgehend Lettenlagen des Seminoten- oder Coburger Bausandstein verbreitet sind und so als stets wasserhaltender Horizont die Feuchtigkeit dieser Region bedingen. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Bohrprofile in seiner demnächst erscheinenden Dissertation: „Zur Geognosie, Agronomie und Hygrographie des Ober- und Untergrundes der Stadt Erlangen und ihrer nächsten Umgebung“.

ner Ansicht nach keinen Fluss für sich, der links durch einen einst höher aufragenden, später durch Denudation abgetragenen Keuperstrich von der eigentlichen Regnitz getrennt war, sondern nur einen Teil der damals viel gewaltigeren Regnitz. Dann muss die Breite des Stroms allerdings stellenweise, so in der Gegend von Nürnberg und Vach bis auf 10 km angewachsen sein. Die Höhe des Wasserspiegels entsprach ungefähr dem Niveau der untern Grenze des Burgsandsteins in der Gegend.

Als Insel konnte aus dem Wasser nur der aus Burgsandstein aufgebaute Festungsberg von Nürnberg (355 m) emporragen. Im O davon sprang hinter Mögeldorf der Höhenrücken von Schmausenbuck als Halbinsel in die Fluten vor und trennte nebst seiner wasserscheidenden Fortsetzung nach S die östlich von Altdorf und von Hersbruck kommenden Pegnitzarme von den im S von Nürnberg flutenden Rednitzgewässern. Hier zwischen Schmausenbuck und Dutzendteich im N, Eibach im W und Feucht und Fischbach im O befindet sich wieder ein an Dünen- und Moorbildungen reiches Gebiet (320—330 m), ganz wie am Röttenbach im O. In diesem grossen Becken an den Dutzendteichen sammelten sich die Gewässer der verschiedenen Zuflüsse von S. Zwischen Eibach und Kornburg erscheint von Reichelsdorf bis Langenlohe ein förmliches Delta von Flussgeröllen, das wohl von einem in der Richtung des heutigen Ludwigskanals an der Grenze zwischen Burg- und Semionotensandstein [1]) von Wendelstein herkommenden Zufluss herrühren dürfte, der im Gegensatz zur heutigen Schwarzach etwas nördlicher in jenes Binnenseebecken einmündete.

In dem ganzen zuletzt beschriebenen Gebiet sahen wir im Gegensatz zu der Beschaffenheit der III. Terrasse des linken Regnitzufers keine lehmigen Bildungen. Ihre Stelle nimmt hier der Flugsand ein.

D. Die höheren Terrassen am Rathsberg.

Im N der Schwabach zeigen sich zunächst am eigentlichen Burgberg bei Erlangen nur wenige Spuren unserer III. Terrasse. In der östlichen Hälfte des Burgbergs fand A. Geigenberger in den Gärten im SO des Holzberger Kellers Flugsande über Burgsandstein, etwa 15 m über dem Eichwäldchen, dem Niveau der

1) Vergl. Gümbel: Blatt Neumarkt.

II. Terrasse. Zwischen dem Burgberg vom Fussweg nach Atzelsberg an bis zum Militärschiessplatz ziehen sich deutliche zweifellose Sandanwehungen von welliger Oberfläche bei durchschnittlich 310 m Meereshöhe die sanften Abhänge des Rathsbergs hinan über Burgsandstein aufliegend.

Weiter westlich von der Spardorfer Gegend an herrschen Schotter und lehmige Bildungen durchaus vor und umsäumen den Rathsberg in einer zusammenhängenden Zone über Dorf Rosenbach bis Neunkirchen und Dorf Hetzlas. Diese Zone von Diluvialgebilden ist wie am linken Regnitzufer meist durch eine solche von anstehendem Keuper (hier Burgsandstein) von der II. Terrasse (am äusseren Saume und im südlichsten Strich des Waldes) getrennt. Typische Kantengerölle von Arietensandstein und Doggersandstein der III. Terrasse sind allerdings auf diesem anstehenden Keupersandstein zerstreut, so im NW der Haltestelle Spardorf und an den Uttenreuther Felsenkellern.

Eigentliche Schottermassen treten erst über „oberen, roten Keuperletten“ oder „Zanklodonletten“ auf. Wir beginnen mit Spardorf, wo die tiefsten und zugleich interessantesten unter allen Diluvialaufschlüssen in der Umgegend Erlangens zu finden sind.

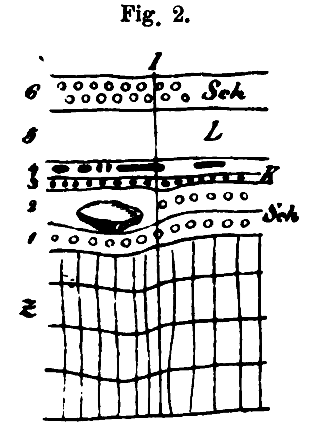
Schon westlich von dem Dorfe sind bei 312 m Höhe über intensiv roten Zanklodonletten mehr bräunlich roter Thon und grauer sandiger Lehm zu bemerken, die sich durch ihren Reichtum an Geröllen von Doggersandstein mit *Pecten pumilus* Lam. (= *personatus* Goldf.) und *Ammonites Murchisonae* Sow. auszeichnen.

Die grosse noch im Betrieb befindliche Grube der Ziegelei der Gebrüder Schultheiss im O des Orts (325—332 m hoch) bietet die beste Einsicht in die Beschaffenheit unserer III. Terrasse.

Zunächst zeigt der Einschnitt des Hohlwegs, durch den man eintritt und durch den das Schienengeleise hinabführt, auf der linken nordwestlichen Seite, dass hier die Oberfläche des roten oder buntgefärbten, d. h. von grünen Schichtbändern und Adern durchzogenen Keuperlettens ebenso wie seine Schichtung vollkommen eben verläuft. Der Beginn des Diluviums thut sich kund durch das plötzliche Auftreten von Geröllen und Blöcken fremdartigen Gesteins zwischen den Letten längs einer scharfen Linie. Es sind dies besonders grosse Rhätsandsteintrümmer und kleinere Stücke von härteren kalkig dolomitischen Bänken und Breccien

aus dem Zanklodonletten, Arietensandstein und Thoneisenstein des mittleren Lias, die zwischen Thon und Letten eingebettet sind. Nach oben werden die eingeschlossenen Gerölle etwas seltener, der Lehm herrscht mehr vor, wird kalkhaltig (braust mit Säuren) und führt inwendig hohle und zerklüftete, leicht zerbröckelnde Kalkkonkretionen. Letztere sind stellenweise vorherrschend von flach linsenförmiger Gestalt und unterscheiden sich von typischen Löskindeln noch durch ihre einfache nicht runzlige Oberfläche und die oberflächlich eingebackenen Quarzkörner. Den Schluss des Diluvialprofils bildet hier wiederum eine zweite Lage von geröllereichem Lehm mit viel Quarzkörnern. Genauer stellt sich das Profil I der Lehmgrube Spardorf folgendermassen dar von oben nach unten:

Fig. 2.



6. Gelbbrauner Lehm mit groben Quarzkörnern und Geröllen von Rhätsandstein 0,40 m
5. Rotbrauner Thon ähnlich den Zanklodonletten mit grünen Bändern. Vereinzelte Mergelkalkgerölle aus den Zanklodonletten 0,60
4. Rotbrauner, kalkhaltiger Lehm mit fleischroten Bändern von bröckligem Kalk bezw. von plattigen Kalkkonkretionen wechselnd mit schmutziggrauem, kalkfreiem Lehm mit viel grossen kantengerundeten Quarzkörnern und Thoneisensteinstücken 0,20
3. Schmutzig graubrauner, kalkreicher Lehm mit vielen innen hohlen aufgesprungenen Kalkkonkretionen 0,10
2. Grauer Lehm wohlgeschichtet mit roten Zwischenlagen. Meist kleinere Gerölle aus dem mittleren und oberen Lias, Opalinusthon und Doggersandstein (*Ammonites costula* Rein., *Belemnites paxillosus* Schloth., *Chenopus gracilis* Münst.). Die Steine alle mit der Breitseite aufliegend. Ein grosser Block von Rhätsandstein 65 cm breit 0,36 m
1. Roter Lehm, wohlgeschichtet, mit wenigen grauen Bändern. Zahlreiche grosse und kleine flachaufliegende Gerölle von Kalkmergeln und Breccienbänken aus dem Zanklodonletten, Rhätsandstein, Arietensandstein, Thoneisenstein, gerollter Steinkern von *Ammonites margaritatus* Montf., Doggersandstein, nierenförmige Ausscheidung von fasrigem Gyps 0,15—0,20 m

---

Basis: Rote Zanklodonletten mit graugrünen Schichtlagen und eben-

solchen unregelmässigen Adern und Flecken. Vereinzelt kleine, fleischfarbene, aufgesprungene, innen hohle Kalkkonkretionen. 2 m

Das Auftreten von zum Teil riesigen, bis 2 m im Durchmesser haltenden Blöcken von Rhätsandstein, die wir hier und an andern Stellen der Grube mitten im Diluviallehm stecken sahen, erklärt sich recht einfach. Man bedenke nur, dass wenig oberhalb der Lehmgrube Rhätsandstein in grösserer oberflächlicher Ausdehnung noch ansteht [1]). Dass solche Sandsteintrümmer auf dem lehmigen Untergrund des Keuperlettens am Gehänge herabgleiten, namentlich wenn, wie das so häufig der Fall ist [2]), die Schichten am Bergabhang nahe der Oberfläche eine Umbiegung nach dem Thale zu erfahren haben und so oberflächlich ein mit dem Abhang gleichgerichtetes Einfallen zeigen, ist beinahe selbstverständlich. Solche heruntergestürzte Teile bedecken die obersten Regionen des Zanklodonlettens mehr oder weniger am ganzen Höhenzug, besonders in der „Wildniss“ am Nordhang und erschweren das Bestimmen der Grenzlinie zwischen Mittlerem und Oberem Keuper. Dazu kommt, dass der Riesenstrom der III. Terrasse an den Ufern das Gehänge erodirend unterspülen musste. Der vielleicht schon vorher dort vorhanden gewesene oder erst in das Strombett herabgestürzte Gehängeschutt des Plateaus (Rhät und Lias) wurde nun von den Fluten teilweise ausgeschlemmt und von neuem aufgeschichtet. Die schweren Steinblöcke blieben liegen und wurden von mehr oder weniger geschichteten Lehmmassen umgeben, bezw. mit vom Fluss selbst herbeigeführtem Material an Geröllen vermengt. Wir sehen also hier im älteren Diluvium eine Verbindung von Gehängeschutt und fluviatiler Aufschüttung, wie man sie häufig genug an Steilufern von Gebirgsbächen wahrnehmen kann.

Der Kalkgehalt schon ziemlich an der Basis dieser Diluvialschichten, der sich besonders in den Konkretionen ausdrückt, scheint mir bei der weniger lösspuppenartigen Beschaffenheit der letzteren durch nachträgliche Infiltration entstanden zu sein, zu-

---

1) Auf der Gümbel'schen geognostischen Karte Blatt Bamberg ist irrtümlich sogar die Stelle der Grube selbst als Rhät kolorirt, das sich aber doch nicht so weit herunterzieht.

2) Vergl. E. Dieffenbach: Vorschule d. Geologie. Braunschweig 1853 p. 26.

gleich mit der Entkalkung des Löss, der, wie wir sehen werden, einst hier überall die Schotterlehme bedeckte, an obiger Stelle freilich ganz fortgeführt worden ist. Es liesse sich auch die Hypothese aufstellen, die Lehmschicht wäre vom Gehänge herangeschwemmter und verunreinigter Löss, der zur Zeit seiner Verschwemmung noch unentkalkt war. Aber ich fand dieselbe Art von Konkretionen vereinzelt auch mitten in dem anstehenden Zanklodonletten im Liegenden vor.

Bei Gutzwiller, in dessen neuester ausführlicher Abhandlung „Die Diluvialbildungen der Umgegend von Basel" (Verh. d. Naturf.-Ges. Basel X. 3. 1895) wird in einem Profil von Wyhlen p. 623 unter 3, ein ganz ähnlicher, gelblich brauner Lehm direkt über dem „Hochterrassenschotter" beschrieben, der ebenfalls einerseits namentlich gegen unten hin noch viele Gerölle führt, andererseits stellenweise mit Säuren braust und in Reihen geordnete Kalkkonkretionen führt. „An zwei Stellen zeigen sich linsenartige Einlagerungen von eingeschwemmtem Gehängeschutt, bestehend aus eckigen Muschelkalkstücken u. s. w." Bedeckt wird die fragliche Lehmschicht bei Wyhlen von geschichtetem sehr kalkreichen (unterem) Löss mit grossen Lösskindeln und vielen Schnecken.

Weiter führt übrigens ein Vergleich mit dem vielbesprochenen Profil von Hangenbieten im untern Elsass[1]). Dort ist zwischen zwei Schichten von „rotem Vogesensand", die ich unsern unteren und oberen, Gerölle und Quarzkörner führenden Lagen (1—2 und 6) parallelisiren möchte, eingeschaltet sandiger, lössartiger Diluvialmergel mit dünnen Lagen oder schmalen Bändern von grauen Letten, sowie mit plattigen Kalkkonkretionen, die „die Sickerwässer aus den hangenden Sanden" über einer besonders wasserundurchlässigen Mergellage „ausgeschieden haben".

Gehen wir nun weiter in die Lehmgrube hinein, so fällt uns in den Diluvialschichten überall die ungeheure Fülle von bald geschichteten, bald ohne Ordnung wie in einem Blocklehm eingebetteten Gesteinstrümmer auf. Letztere sind durchaus nicht viel ge-

---

1) Vergl. bei Andreae: Der Diluvialsand von Hangenbieten im Unter-Elsass. Abh. z. Geol. Spez. v. Elsass-Lothr. IV. 2. 1884. — Schumacher: Die Bildung u. d. Aufbau des oberrhein. Tieflands. Mitt. d. geol. Land.-A. v. Elsass-Lothr. 1890. II. p. 239. — Lepsius: Geologie v. Deutschland. 1894. p. 666.

rollt, im Gegenteil erscheint ihre Oberfläche, an der oft Versteinerungen wie *Ammonites communis* Sow. und *Holandrei* d'Orb. des Lias ε herauswittern, ziemlich unversehrt. Sie sind also zum grösseren Teil nicht weit transportirt. Mehrfach befindet man sich Stellen gegenüber, die eine gewisse scheinbare Aehnlichkeit mit echten Geschiebelehmen nicht verleugnen. Ich bin überzeugt, dass begeisterte Glacialgeologen auch hier zum Teil der Versuchung unterliegen würden, Gletscherwirkungen zur Erklärung zu Hülfe zu nehmen. Aber solche Blocklehmpartieen (= *rubble drift* Prestwich's [1]) 1892) — nach J. Geikie [2]) wie auch nach meiner Ansicht alte mitteldiluviale Gehängelehme oder Schutt, entstanden unter Mitwirkung von Schnee, aber ausserhalb des vergletscherten Gebiets — sieht man bei den vorzüglichen Aufschlüssen der Grube Spardorf dicht daneben wieder in zweifellos fluviatile Bildungen übergehen. Die Gerölle häufen sich stellenweise derart an, dass man mitten in Juraschichten, speziell besonders der Zone des *Ammonites Murchisonae* Sow., den sogenannten Personatensandsteinen zu sein glaubt. Versteinerungen lassen sich sammeln aus allen Horizonten vom Lias α bis zum Dogger β einschliesslich. Von höherem Dogger und von Malm ist hingegen auffallender Weise nicht die geringste Spur vorhanden. Lägen uns hier Grundmoränen oder Seitenmoränen von Gletschern vor, d. h. wäre die Gegend vergletschert gewesen, so hätte doch der in Frage kommende Gletscher des Schwabachthals schon an den Anfängen des heutigen Thales bei Gräfenberg und an der Ostseite des Hetzlas seinen Ursprung nehmen und von den dortigen Gehängen am Rande des Juraplateaus Schutt aus weissem Jura mitbringen müssen.

Eine gewisse Unregelmässigkeit zeigt das Verhalten der Grenzfläche zwischen Keuper und Diluvium innerhalb der Lehmgrube. Lag sie am SW-Eingang der Grube am Hohlweg ziemlich horizontal 2 m über der Sohle der Grube, so sinkt sie gegen O bald unter diese hinab, erhebt sich aber noch mehrmals wellig empor,

1) Prestwich in Quart. Journ. Geol. Soc. London, 1892, p. 263 und On the Evidence of a submergence of Western Europe and of the Mediterranean Coasts (Philos. Transact. R. Soc. London 1893, vol. 184).

2) James Geikie: The Great Ice Age and its Relation to the Antiquity of Man. Third Edition 1894. — Siehe auch Petermann's Mitt. 1895 p. 171: Die Eiszeit von Brückner.

wie die beiden folgenden Figuren beweisen. Mancher würde hier vielleicht abermals Gletscherwirkungen, sogenannte „Stauchungen“, hervorgebracht durch vordringendes schiebendes und faltendes Gletschereis oder durch Stirnmoränen konstruieren. Ich für mein Teil sehe hier nur die Folgen von Gehängerutschungen der einst durchfeuchteten, aber noch im Zusammenhang gebliebenen Lettenschichten sowie von lokalem Niederpressen durch den unregelmässig verteilten aufgelagerten alten Gehängeschutt, die grossen Gesteinsblöcke. Der letzte Vorgang wird besonders an der folgenden Figur 3 ersichtlich; er war auch schon unter dem grossen Block in Fig. 2 zu erkennen.

Einem wie schnellen Wechsel die Beschaffenheit der Schotter führenden Diluvialschichten unterworfen ist, ergibt sich namentlich aus dem Vergleich zweier weiterer Profile, deren Uebergang ineinander die beifolgende Abbildung beleuchtet.

Fig. 3.

Profil II von Spardorf:

7. Sandiger Lehm mit Geröllen 0,40 m
6. Lehm mit grauen Flecken 0,40 m
5. Gelber Sand wechselnd mit gelben Thonlagen, oben kleine Thoneisensteingerölle. Nach O zu wird der Sand durch Thon ersetzt. 0,40 m
4. Lehm ohne Gerölle 1 m
3. Eckige Rhätsandsteinblöcke von 40 cm Höhe und bis zu 1 m Breite mit ihrer Breitseite aufliegend wie geschichtet und anstehend bilden

ein isoliertes Nest oder Lager (im Lehm, der sie im O und W umgibt). Die Blöcke sind schon stark zu grobem Sand zerfallen, der sie rings umhüllt. 0,60 m

2. Sand mit kleinen Rhätsandsteintrümmern. In der Mitte eine eingeschobene Zunge von rotem und violettem Letten ähnlich dem Zanklodonletten, aber mit fremden Jurageröllen 1 m
1. Ockergelber Schotterlehm mit sehr viel Eisensandstein- und Thoneisensteingeröllen 0,45 m

---

Der Zanklodonletten ist hier nicht mehr sichtbar, vielleicht, weil seine Oberfläche durch die Last der Rhätsandsteinblöcke eingedrückt ist.

Profil III, 6 Schritte östlicher daneben an der SO-Wand der Lehmgrube:

6. Gelbbrauner Lehm mit grauen Flecken wenig Geröll 1,60 m
5. Rötlicher Sand mit grossen gerollten runden Geröllen von Rhätsandstein und Eisensandstein mit viel *Pecten pumilus* 0,06 m
4. Massenhafte grössere Gerölle von Thoneisenstein mit wenig Sand 0,15 m
3. Gelbbrauner Lehm mit grauen anastomisirenden Flecken. Wenige kleine Gerölle von Thoneisenstein, oberem Liaskalk (Monotiskalk). Mergelkalkknöllchen aus Lias und Opalinusthon 0,37 m
2. Rötliche Lettenlage 0,10 m
1. Gelbbrauner lehmiger Schotter mit Sandkörnern, Thoneisenstein, Eisensandstein, Rhätsandstein 0,45 m

---

Zanklodonletten.

Augenscheinlich hat hier während des Absatzes der fluviatilen Schichten 2 und 3 des Profils III, deren lehmiges Material namentlich aus zerstörten Zanklodonletten zusammengetragen ist wie in Profil I 1—5, eine grosse Rutschung im Gehänge stattgefunden.

Eine förmliche Bank des Rhätsandsteins glitt auf der Unterlage von Zanklodonletten in das Flussbett gegen O hinab, wobei von dieser plastischen, nachgiebigen Unterlage ein Streifen [1]) zwischen die Sandsteinmasse eingequetscht wurde. Abgesehen von dieser unregelmässigen, linsenförmigen Sandsteineinlagerung erkennen wir auch in diesen Profilen zwei geröll- und sandreiche Zonen 1 und 5 bezw. auch III 4, welche durch geröllfreie oder geröllarme Lehme (II 4 und III 2—3) von einander geschieden werden, ganz wie in Profil I von Spardorf und wie in dem Profil von Hangenbieten.

---

1) vergl. 2 bei II in Figur 3.

Ueber der zweiten Schotterlage stellen sich nun in Profil II und III geröllärmere oder geröllfreie ungeschichtete Lehme ein, die nach NO zu an Mächtigkeit auf Kosten der tieferen, besser geschichteten, rein fluviatilen Diluvialabsätze anwachsen. Wir gelangen so zu Profil IV an derselben südöstlichen Grubenwand.

Oben:

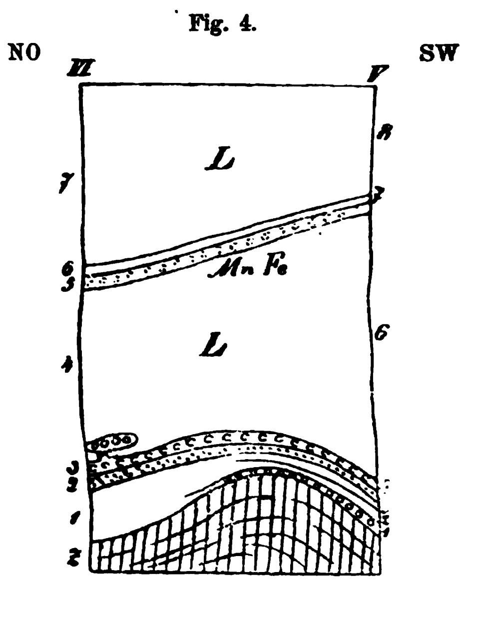
Leimen	10.	Rotbrauner Lehm mit hellen grünen Streifen und Flecken in der Umgebung der eingedrungenen Pflanzenwurzeln	1 m
	9.	Lage von schwärzlichen erbsen- bis bohnengrossen rundlichen Knöllchen von Brauneisenstein	0,10—0,25 m
	8.	Lehm wie 10	1 m
	7.	Bohnerzartige Lage wie bei 9, undeutlich und unbeständig	0,40 m
	6.	Lehm wie 10	0,60 m
Schotter	5.	Sehr sandige Lage mit viel Geröllen von Eisensandstein mit *Trigonia striata* Sow. und Rhätsandstein	0,45 m
	4.	Heller gelbbrauner Lehm ohne Gerölle	1 m
	3.	Dunkler röthlicher Lehm mit viel schwarzen und ockergelben Einschlüssen von Eisensandstein und Thoneisenstein	0,45 m
	2.	Grauer Lehm mit wenig Geröllen, oben röthlich	0,45 m
	1.	Lehm mit sehr vielen groben Rhätsandkörnern	0,20 m

Bunter, violetter, roter und graugrüner Zanklodonletten, dessen obere Grenze hier stark wellig verläuft.

Die Schichten 1—5 repräsentiren die zusammen 2,50 m mächtigen Schotter unserer III. Terrasse und zwar wieder in zwei Hauptlagen, die durch 1 m geröllfreien gelbbraunen Lehm (4) getrennt sind. Die obersten Schichten 6—10 sind zweifelsohne entkalkte Lössbildungen oder Leimen. Von den bohnerzartigen Lagen mit den Eisenmanganknötchen ist die obere (9) die auffallendere und beständigere. Will man daher hier wie in den meisten andern Lössprofilen Deutschlands eine Zweiteilung der Lössabsätze vornehmen, so würden Schicht 6—8, zusammen 2 m, dem untern und Schicht 10 dem obern Löss entsprechen und 9 wäre als ursprüngliche Decke des untern Löss aufzufassen, nach dessen Bildung eine Unterbrechung im Absatz und eine Umwandlung besonders der Oberfläche des Löss, nämlich eine Konzentrierung von Eisensubstanzen abgesehen von der Entkalkung vor sich ging. Es ist als ob aller Farbstoff aus der ganzen Umgebung dieser Bohnerzlage sich hier in den schwarzen Kügelchen zusammengezogen habe, so auffallend licht erscheint der dieselben verkittende Lehm wie auch die oberste Zone des untern und die Basis des obern Löss.

Die Basis der beiden Lössstufen bildet am Rhein in vollständigen Profilen ein sogenannter Sandlöss, d. h. rein fluviatile Bildungen, in denen lössartige Lehme mit Sandbändern, Thonen und Schotter abwechseln. Von diesen beiden Sandlössen fehlt indess der obere in den meisten Fällen, so z. B. in dem genannten Profil von Hangenbieten und vielerorts im untern Maingebiet[1]), so dass wir „oft jüngeren Löss über Leimen" des älteren Löss finden. Dieser Fall liegt auch hier vor. Den älteren Sandlöss aber würden wir in den oberen Teilen unserer Schotter suchen in den Schichten 4—5.

Fig. 4.



Wir nähern uns nun dem NO-Ende der Grube und messen vor und unter der dortigen Holzbrücke folgende zwei Profile (vergl. Fig. 4).

Profil V:

Leimen c. 4,50 m:

9. **Rötlichgelber Lehm, durchzogen von vielen graugrünen Wurzelkanälchen, in der untern Region sehr hell** 1,25 m
8. **Bohnerzartige Lage aus Eisenoxydhydratknollen von durchschnittlich 1 cm Durchmesser, umgeben von lichtem Lehm** 0,12 m
7. **Rötlichgelber Lehm mit grauen Wurzelkanälchen. Viel Eisenoxydhydrat und Psilomelan in den Spalten als Ueberzug der Lehmbrocken** 2,85 m
6. **Braungelber Lehm mit kleinen Eisenmanganknöllchen** 0,30 m

5. **Graugelber Lehm mit schwarzen Eisenoxydhydratüberzügen oder Flecken. Viele Gerölle von Thoneisenstein** 0,08 m
4. **Rötlicher Sand oder sandiger Lehm, an der Basis schwärzlich, mit viel Thoneisensteingeröllen** 0,04 m

---

1) Vergl. Chelius und Vogel im Neu. Jahrb. f. Min. 1891 I, p. 105.

3.	Ockergelber Lehm fast ohne Gerölle	0,05—0,10 m
2.	Hellgrauer Thon	0,03 m
1.	Gelber Thon mit viel Thoneisensteinen, enthaltend *Ammonites spinatus* Brug. des Lias δ und wenig Eisensandsteingeröllen	0,07—0,05 m

Zanklodonletten mit wellig aufgebogener Oberfläche; die Schichtung verläuft letzterer parallel.

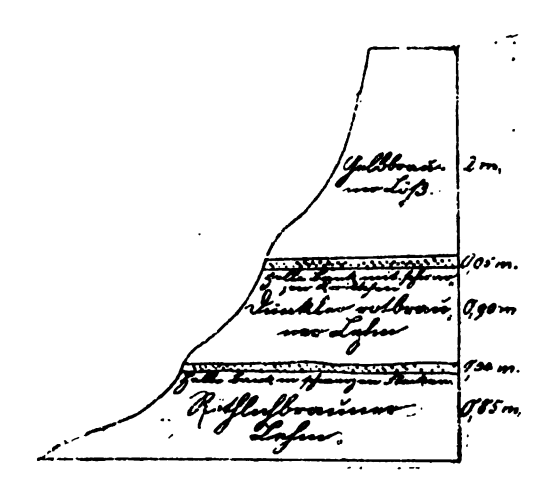
Profil VI an der Holzbrücke:

Leimen 4,27 m	7.	Bräunlicher Lehm	2 m
	6.	Heller Lehm	0,12 m
	5.	Heller Lehm mit Bohnerzknollen (bis 1,3 cm gross)	0,15 m
	4.	Lehm (ganz unten mit einem Nest von grobem Sand)	2 m
	3.	Gerölle von Thoneisenstein und Eisensandstein in grobem Sand	0,20 m
	2.	Gelber feiner Sand	0,10 m
	1.	Mäusegrauer, oben ockergelber Lehm ohne Gerölle	0,66 m

Zanklodonletten.

Die hauptsächlich zur Ziegelfabrikation gewonnenen Lehme der obersten 3—4$^1/_2$ m dieser drei letzten Profile sind alle kalkfrei, ohne Kindel und Schnecken. Aber wenn auch, wie sich schon oben bei Behandlung des linken Regnitzufers ergab, der Leimenprozess des ursprünglichen Löss bei Erlangen überall weit vorgeschritten zu sein scheint, so fehlt es doch nicht ganz an typischem Löss auf primärer Lagerstätte.

Fig. 5.



Wir brauchen uns aus der grossen Lehmgrube nur wenige Schritte an der Strasse von Spardorf nach Marloffstein aufwärts zu begeben und gelangen dann, nachdem links ein abkürzender Fussweg nach Marloffstein abgegangen, an eine verlassene kleine Lehmgrube bei c. 335 m Meereshöhe, deren Material wegen des teilweisen Kalkgehalts nicht mehr zur Ziegelfabrikation verwandt wird. Dort fällt links von der Strasse eine etwa 4 m hohe Lehmwand auf, die bei genauerer Betrachtung aus 3 Absätzen aufgebaut erscheint.

Wie vorstehende Figur 5 zeigt, besteht sie unten aus 2 Lagen von kalkfreiem rötlichbraunem Lehm, die von einander getrennt und bedeckt werden von je einem lichten Lehmbänkchen mit schrot- bis erbsengrossen schwarzbraunen Brauneisensteinknöllchen. Darüber folgt gelbbrauner Löss, z. Th. reich an Lössmännchen und Schalen von *Pupa muscorum* L. sp., seltener *Helix pulchella* Müll. Sehr häufig sind kalkige oder zuweilen brauneisenhaltige Röhrchen. Ganz charakteristisch ist die senkrechte Struktur des Löss. Zu beachten ist aber, dass die oberste Schicht von 2 m nicht überall als Löss erscheint, sondern in horizontaler Richtung bald kalkhaltig mit Säuren brausend und mit Kalkröhrchen und Kindeln versehen ist, bald wieder ganz kalkfrei und ohne Konkretionen und Konchylien. Es hat also hier eine unregelmässig lokal verteilte Entkalkung des ursprünglich doch wohl einheitlichen oberen Löss stattgefunden.

Die Lösslage in dem letzten Aufschluss entspricht bei ungefähr der gleichen Höhenlage über dem Meeresspiegel und der geringen Entfernung der beiden Gruben offenbar der Schicht 7 in Profil VI (auch = 2 m), 9 in Profil V, und 10 in Profil IV, d. h. dem im O der grossen Lehmgrube die Oberfläche bildenden Lehm von 1—2 m Mächtigkeit, der wenigstens auch noch ziemlich deutliche senkrechte Absonderung aufweist. Die oberste Brauneisenknöllchenlage, die durch die helle Farbe des oben und unten umgebenden Lehms auffällt, wäre dann äquivalent dem Hauptbohnerzlager der grossen Lehmgrube, die tiefere Knöllchenschicht finden wir wieder in Profil IV bei 7, mitten in dem untern Lösslehm oder Leimen.

Die Bedeutung der in den letzten Profilen der NO-Teile der Spardorfer Lehmgrube auftretenden Diluvialbildungen wird uns ersichtlich, wenn wir einen Vergleich ziehen mit einem Profil von

der Lehmgrube Allschwyl bei Basel, das uns GUTZWILLER (Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel)[1]) p. 637 und auf t. 12 f. 5 gibt:

1. Das Liegende der Diluvialbildungen bildet tertiärer Septarienthon, dessen Stelle bei Spardorf Keuperletten einnehmen. Die Oberfläche dieser Schicht, die Basis des Diluviums, liegt bei 300 m Meereshöhe c. 20 m über der anstossenden Niederterrasse des Rheins, also ähnlich wie an der Schwabach, wo bei einer Höhe von 325 m oben der Unterschied gegen die tiefere II. Terrasse 30—35 m beträgt. Das Diluvium besteht nun aus:

„2. Hochterrassenschotter 3—4 m mächtig. Bindemittel lehmig. Geschiebe an der Basis oft über kopfgross und blockartig".

„3. Brauner Lehm 4—4½ m, an der Basis sandig mit Geschieben, nicht überall scharf vom unterliegenden Hochterrassenschotter getrennt. Nach oben wird er reiner und nimmt eine mehr gelbliche Farbe an. Er ist reich an Eisenoxydhydratkonkretionen, die über haselnussgross werden und bohnerzartig aussehen. Dieser Lehm ist sehr fett, frei von Schnecken; er enthält nur im obern Teil Spuren von Calciumkarbonat, Schichtung nicht sichtbar". (Bei Spardorf möchte ich dieser Zone die Schichten 2—6 incl. des Profils V parallelisiren).

„4. Gelblichgrauer Löss, im östlichen Teil der Grube 3 m mächtig, gegen W sich fast auskeilend, reich an Schnecken und Lösskindchen" (im Spardorfer Profil V äquivalent Schicht 7).

„5. Gelblichbrauner Lehm ohne Schnecken mit manganhaltigen Eisenoxydkonkretionen von geringer Grösse" (entspricht 8 in unserem Profil V).

„6. Grauer Löss im obern Teil von hellgrauer Farbe im Mittel 3 m mächtig, arm an Schnecken. Eine Bestimmung des Calciumkarbonats ergab für diesen Löss 35,5 %. Dieser Löss wird zur Fabrikation von Ziegeln nicht verwendet, ebensowenig wie der tiefere Löss 4. (Er entspricht 9 im Profil V und dem Löss an der Marloffsteiner Strasse).

Viele Beziehungen finden sich auch zwischen den gegebenen Profilen und dem Normalprofil des Löss aus dem näherliegenden Odenwald, wie wir es CHELIUS und VOGEL verdanken[2]). Ich hebe hier besonders die übereinstimmenden Punkte hervor.

Schichtenfolge der Diluvialbildungen im Odenwald von oben nach unten:

Oberer Löss mit verlehmter Oberfläche (Jüngerer Sandlöss).	Lösslehm braun, oft humos, kalkfrei, ungeschichtet. Löss hellgelb, kalkreich, ungeschichtet.

1) Verh. d. naturforsch. Ges. zu Basel Band X, Heft 3, 1895.

2) Zur Gliederung des Löss. Briefl. Mitth. im Neu. Jahrb. f. Min. 1891, I. p. 105 und bei LEPSIUS Geologie von Deutschland p. 657.

Unterer Löss mit verlehmter alter Oberfläche	(Humoser Lehm). Lehm („Laimen"), dunkelbraun bis **rotbraun**, **kalkfrei** mit **Manganknötchen**, ungeschichtet. Löss, älterer, hellgelb, kalkreich, ungeschichtet.
Unterer Sandlöss	Lehmig-thonige Oberfläche des unteren Sandes oft kalkhaltig; ockergelbe, lössartige Lehme wechseln mit Sandbändern und graugelben Thonen und ockerigen Sandschmitzen mit oder ohne Kalk. Sand und Schotter, mit sandigen lössähnlichen Schmitzen mit Geröllen und Kiesen".

In nahezu gleicher Höhe wie die Spardorfer grosse Lehmgrube liegt noch nordwestlich von diesem Dorfe in der Richtung nach dem Dorf Rathsberg am Waldesrand eine dritte Lehmgrube (335—340 m), die einen bräunlichroten kalkfreien Lehm ohne Konkretionen irgend welcher Art und Schnecken und ohne Sandkörner und Gerölle aufschliesst. Nach unten geht der Lehm mit unmerklicher Grenze in Zanklodonletten über. Entweder liegt hier ein Leimen oder verlehmter Löss vor, unter dem aber Sandlöss und Schotter fehlen, oder, wie ich glaube, nur eine Eluvialbildung, entstanden aus der Verwitterung des Keuperlettens.

Die beschriebenen Schotter lassen sich von Spardorf deutlich in östlicher Richtung verfolgen am Wege nach Uttenreuth. Beim Ansteigen zu der von Marloffstein herabkommenden Terrainwelle findet man bei 317—320 m einen Wechsel von bräunlichem Lehm mit vorherrschend kleinen gerundeten Geröllen von Thoneisenstein und Eisensandstein und lehmigen Sand mit nur grossen Geröllen. Manganeisenknöllchen konnten oberflächlich nicht wahrgenommen werden. In allmählich ansteigender Höhe zieht sich die Schotterterrasse auf den Zanklodonletten als Basis über Rosenbach gegen das Dorf Hetzlas und Honigs zu an den südlichen und östlichen Gehängen des Rathsbergzuges aufwärts bis zu dem flachen Sattel, der letzteren vom Hetzlasgebirge trennt. Die hier befindliche Wasserscheide zwischen dem Neunkirchener Brandbach und dem Thal von Effeltrich (350—360 m) ist ganz von Diluvialbildungen, Sanden und Lehmen mit Eisensandsteingeröllen bedeckt. Ueber diese niedrige jetzige Wasserscheide strömten vielleicht einst die Fluthen eines alten Diluvialstroms, der die höheren als Insel herausragenden Theile des Rathsbergs, vom Hetzlasgebirge trennte. Eine solche Annahme würde die Isolirung des Rathsbergs, die bereits durch eine in jener Richtung

am Dorfe Hetzlas vorbeistreichende Schichtenverwerfung[1]) eingeleitet war, erst vollends erklären.

Uebrigens stellen sich auch auf dem Rathsbergplateau selbst wenigstens in den tiefsten Teilen desselben mehrfach Eisensandsteingerölle des Dogger über Numismalismergeln aufliegend ein, so bei Marloffstein bei 350 m und bei Adlitz mit 347 m. Ob diese als Reste einer höheren (vierten) Terrasse aufzufassen oder durch Menschen zur Wegebeschotterung dahingebracht sind, lasse ich vorläufig dahingestellt.

Wirkliche Schotterlehme wie bei Spardorf sah ich in der Adlitzer Gegend erst tiefer an der nördlichen Abdachung des Plateaus im Walde westlich von Adlitz in dem von Luginsland nach N hinabführenden Thälchen bei 337 m Meereshöhe und tiefer. Der Lehm liegt auf Zanklodonletten auf und gleicht vollkommen dem Spardorfer rötlich braunen Schotterlehm. An einem Fahrwege von Adlitz nach dem Dorfe Rathsberg fand Herr A. Bettinghaus, ein Schüler von mir, bei 332 m auch typischen Löss mit *Pupa muscorum* L., Lösskindeln und vielen Wurzelröhrchen, die bald mit Kalk bald mit Brauneisenstein inkrustiert sind.

Auf dem eigentlichen Plateau, zwischen 350 und 393 m Höhe, sind Lössbildungen noch nicht mit Sicherheit wahrgenommen. Wohl gibt es daselbst mehrere Lehmgruben, die aber Schichten des mittleren Lias aufschliessen bezw. deren Verwitterungsprodukte. Ein solches Vorkommen findet sich südlich vom Dorfe Rathsberg bei 388 m Höhe. Hier erscheinen graue bröcklige Schieferletten und Mergel des Lias γ mit nur spärlichen Versteinerungen *Terebratula numismalis* Lam. und *Foraminiferen*. Mit diesen zweifellosen Numismalismergeln zusammen trifft man hier einen zum Teil kalkfreien mit grobem Sand (von Arietensandstein) und Thoneisensteinbrocken vermengten Lehm, dessen eluviale Entstehung in situ durch das Fehlen fremdartiger Einschlüsse mit Ausnahme von herbeigeschwemmten Stücken dolomitischen Kalkes des unteren Lias δ und Arietensandsteins aus der unmittelbaren Umgebung bestätigt wird. Eisensandsteingerölle des Doggers fehlen auf diesen höheren Theilen des Rathsbergs durchaus. An der Südseite der Grube ist der Lehm kalkhaltig und enthält die schon oben vom Hohlweg

---

1) vergl. Baldus, A.: Geolog. Beschr d. Hetzlasgeb. nebst 2 Gebirgsprofilen. Inaug.-Diss. Speyer 1893.

an der Spardorfer Lehmgrube erwähnten aufgesprungenen, meist platten Kalkkonkretionen, die in der Mitte hohl und zerklüftet erscheinen. Auch hier möchte ich sie für sekundäre Bildungen ansehen, diesmal entstanden bei dem Eluvial- oder Verwitterungsprozess der Liasmergel, deren Kalkgehalt sich konzentrirte. Die gleichen Konkretionen sah ich in unverändertem Liasmergel bis jetzt nicht, wohl aber in verwittertem auf der Erdoberfläche in einer Lehmgrube an der Jägersburg bei Forchheim. Die Kalkkonkretionen im anstehenden, frischen Liasmergel sind auf dem Rathsberg von anderer Form, im Innern stets dicht und vor allem sehr phosphorithaltig. In den fraglichen Lösspuppen ähnlichen Knollen ist Phosphorsäure nur in Spuren nachzuweisen.

E. Der Kalchreuther Höhenzug. Zweite und dritte Terrasse mit Löss.

Der Höhenzug im S der Schwabach, dessen westlichen Ausläufer wir schon im Thurmberg bei Tennenlohe [1]) kennen gelernt haben, wird im N von einer breiten, ganz flachen Sandregion umsäumt, die zum grossen Teil der II. Terrasse angehört. Es ist die einförmige Gegend des aus Föhren bestehenden Sebalduswaldes, der von Erlangen nach O zu mit dem ganzen Thale langsam ansteigt und zugleich sich verschmälert. Diese Diluvialsande reichen im S bis zu dem Fusse des ersten bedeutenden Terrainanstiegs und nehmen hier innerhalb Oberschöllenbach 320 m Meereshöhe ein. Den Untergrund bilden im W Burgsandstein, weiter östlicher Zanklodonletten.

Im S des Höhenzugs von Kalchreuth reichen die fast ungeschichteten, mächtigen, feldspathreichen Sande der II. Terrasse im Thal der Gründlach aufwärts über Zanklodonkeuper bis südlich Simmelberg bei 348 m.

Als Bildungen der III. Terrasse erkennen wir zunächst ganz im W die Flugsanddünen, die sich auf drei Seiten im S, W und N um den schon genannten, aus Burgsandstein gebildeten Thurmberg beobachten lassen. Sie halten alle eine Richtung O—W inne. Im N des Thurmbergs beherrschen sie das moorige Quellgebiet des Weissenseegrabens und Dreibrücklesgrabens (295—305 m). Ueber den neuen Exerzirplatz hängen diese Flugsande mit unter-

1) Vergl. Figur 1.

liegenden Schottern nördlich mit der II. Terrasse an der Buckenhoferstrasse direkt ohne Unterbrechung zusammen. Dieser Zusammenhang bleibt auch am Südufer der Schwabach gewahrt bis zum Kreuzweiher (322m) zwischen Gabermühle und Röckenhof, wodurch die sandige, unfruchtbare Diluvialumrandung des Berges hier bedeutende Erbreiterung erfährt. Die tieferen, inneren, dünentragenden Theile des Sebalder Waldes von der Kropfeiche (300 m) über den Hasenstein und Sackpfeifengraben (308 m), die Teiche des Sandbachgrabens (321 m) und den Brennesselgraben sind der III. Terrasse zuzurechnen. Hier lagern ihre Bildungen zuletzt auf Zanklodonletten, um vom Röckenhofer Bach über Rhätsandstein zum unteren und mittleren Lias emporzusteigen. Jetzt trennt auch wieder, wie wir es gewohnt sind, eine steilere Böschung von anstehendem Felsen (hier Rhätsandstein und Arietensandstein) die III. von dem Innenrand der II. Terrasse. Meist zeigt sich diese Zwischenzone freilich schon bestreut mit zahlreichen, lose aufliegenden, typischen Dreikantern von Eisensandstein, so zwischen Oberschöllenbach und Brand über Rhätsandstein bei 328 m. Es wiederholt sich so die nämliche Erscheinung, die man auch auf der gegenüberliegenden Schwabachseite im N der Spardorfer Haltestelle, dann an den Uttenreuther Felsenkellern und bei Steinbach beobachten kann.

Eigentliche geschichtete Ablagerungen der III. Terrasse folgen erst höher am Gehänge. In der Schlucht, die von Käswasser gegen Unterschöllenbach zu verläuft, sind die betreffenden Diluvialbildungen deutlich aufgeschlossen. A. Lissack [1]) hat sie seinerzeit für Schichten des Lias δ gehalten und als solche genauer beschrieben. In der That ist diese Deutung sehr verführerisch. Direkt und konkordant ruhen diese wohlgeschichteten Massen meist dem Lias γ grade an dessen oberer Grenze auf und enthalten auch Thoneisensteine mit *Ammonites margaritatus* Montf. und *spinatus* Brug. als Gerölle vielfach eingeschlossen. Im mittleren Theil der Kässwasserschlucht sieht man sie aber auch unmittelbar auf Schieferthon des Lias β und auf Arietensandstein aufliegen. Es ist ein vielfach sich wiederholender Wechsel von wohlgeschichteten, sehr feinkörnigen, gelben Sanden und blaugrauen

---

1) Die geogn. Verh. d. Umgeg. v. Kalchreuth u. Eschenau bei Erlangen. Inaug.-Diss. Berlin 1894. p. 39—40.

Thonen, im ganzen 3—4 m mächtig. Die Thone sind aus der Zerstörung und Verschwemmung der Amaltheenthone hervorgegangen. Sie mehren sich gegen unten, oben herrschen die Sande mehr vor. An der Basis liegen ockergelbe bis graubraune Lehme mit unregelmässig eingemengtem Sand und Trümmern von Thoneisensteingeoden des Lias δ, darunter manchmal zerbrochene, stark verletzte Stücke von *Ammonites spinatus* BRUG., deren Oberfläche mit Sandkörnern vollgespickt ist. Es sind das die Schotter der II. Terrasse.

Von hier aus zieht sich nun ein zusammenhängender Gürtel von Diluvialsanden mit dünnen Thonlagen um den Berg herum bis Neunhof. Im W von Eschenau hat v. GÜMBEL auf Blatt Bamberg einen Strich dieses Gürtels als Diluvialsand angegeben, im O am Eschenbachthal zeigt die Karte nur Diluviallehm, während hier gerade fast allein Sande herrschen. Im O von Eschenau, bei 346 m, finden sich viele Gerölle von Eisensandstein auf den Feldern. Aber vergeblich suchte ich hier nach Dreikantern. Mächtig entwickelt zeigen sich diese Sande an den Gehängen des Eschenbachthals. Bei Neunhof legen sich Sande mit nur wenigen kleinen Geröllchen bei 359—369 m Meereshöhe direkt an festen Rhätsandstein an, aus dessen Zerstörung sie hervorgegangen. Ihre Aufhäufung ist ein zweifellos sedimentärer Vorgang. Die ausgezeichnete, vollkommen horizontale Schichtung der 7—9 m mächtigen Lagen in dem ausgezeichneten Aufschluss im O des Dorfs am Wege zu den grossen Rhätsandsteinbrüchen lässt keine andere Annahme zu. Man könnte ausser an rein fluviatile Wirkung höchstens noch an ein durch frühere Absperrung des Neunhofer Thalbeckens entstandenes lokales Seebecken von Neunhof denken, in dem die Bäche von O her Sandmaterial anhäuften.

Im S des Kalchreuther Plateaus sah ich am obern Ende von Heroldsberg, da, wo der Weg nach Kalchreuth abgeht, bei 353 m Höhe 4 m mächtige, wohlgeschichtete Diluvialsande mit spärlichen Doggersandsteingeröllen, unterbrochen von dünnen Lehmlagen. Von diesem Punkt an aufwärts trifft man im W der Bayreuther Strasse vielfach Schottermassen sicher bis zur Ziegeleigrube Johannisthal südlich Grossgeschaidt bei 394 m. An einem von S nach N gerichteten Wald- und Feldwege im W von Johannisthal sah ich wohl Eisensandsteingerölle auch noch höher bis zu 405 m (nach Barometermessung) aufsteigen, doch bin ich nicht

sicher, ob sie nicht hier ebenso wie auf anderen Feldwegen auf dem Plateau zum Zwecke der Beschotterung nebst den beiliegenden Ziegelsteintrümmern aufgefahren sind.

Kein Zweifel aber kann über ihre ursprüngliche Lagerstätte sein an der Ziegelei Johannisthal. Denn dort sind sie regelrecht von Löss und Lösslehm bedeckt, ganz wie bei Spardorf. Die Aufschlüsse dieser Lehmgrube Johannisthal (388—399 m) sind nicht so vorzüglich wie an letztgenanntem Ort; doch gelang es, folgende zwei sich ergänzende Profile im nördlichen Theil der Grube festzustellen.

I. Von oben nach unten:

Trockner, hellgelbbrauner, schwach sandiger, kalkarmer Löss mit ockergelben, senkrechten Streifen, vielen dicken, senkrechten Brauneisensteinröhren, kleinen Kalkröhrchen und kleinen Lösspuppen. *Pupa muscorum* selten. 1 m

Feuchter, dunkler Leimen mit horizontalen, ockergelben Bändern und viel Manganknoten. $1^1/_2$ m

Lehm mit grossen bis 40 cm breiten Blöcken von Eisensandstein als Basis des Aufschlusses.

II.

Löss mit grossen Konkretionen 0,50 m

Schotter mit kleinen und grossen Thoneisensteinen und Eisensandstein mit viel *Pecten pumilus* LAM. 0,30

Graublaue Amaltheenthone mit viel Thoneisensteinbändern und Geoden mit *Ammonites spinatus* BRUG. 2 m

Das II. Profil ist tiefer gelegen und zwar so, dass die Schotter genau dem Blocklehm an der Basis des I. entsprechen. Der Löss des II. Profils würde danach einen tieferen Löss repräsentiren, dessen Aequivalent bei I. in dem tieferen Theil des Leimen zu suchen wäre.

Am S-Rand der Grube tritt ein sehr kalkreicher Löss auf mit grossen Lösspuppen, der horizontal daneben in kalkfreien Lehm übergeht wie bei Marloffstein. Eine vierte Lössstelle unmittelbar an der Strasse enthielt nesterweise angehäufte Schalen von *Pupa muscorum* L. und *Helix pulchella* MÜLL. Der Kalkgehalt dieses letzten Löss betrug nach ausgeführter Analyse $22^1/_2$ Prozent.

Im W von der Ziegelei findet man Löss oder Lehmmassen von dem Gehänge auch in die Sohle des dort befindlichen, nach

Heroldsberg führenden Thälchens verschwemmt. Dort fand ich in dem Lehm mehrfach fossile Schalen von *Helix arbustorum* L., von denen CHELIUS und VOGEL [1]) sagen, dass sie „einen grossen Prozentsatz der Fauna des dejectiven Löss auf sekundärer Lagerstätte bilde".

Derselbe Löss mit noch grösserer Fülle von typischen Lösspuppen aber ohne Konchylien fand sich noch höher bei 432,8 m oben auf dem Katzenkopf, dem höchsten Punkte des Plateaus von Kalchreuth im S von Kleingeschaidt. Dicht neben diesem kalkreichen Lehm trat auch hier wieder kalkfreier ohne Kalkkonkretionen aber mit den charakteristischen kleinen bohnerzartigen schwarzen Knöllchen von Eisenoxydhydrat auf, sowie weiter daneben als Unterlage Jurensis-Mergel des Lias ζ mit *Ammonites aalensis* ZIET.

An der Vogelleite, einem östlicher gelegenen Höhenpunkte des Plateaus bei 432 m, fand ich nur Leimen mit den schwarzen Knöllchen über den Posidonienschichten des Lias ε vor. Von hier aus ziehen sich diese Lehmablagerungen den ganzen Südabfall des Höhenzugs durch den Wald weit hinab.

Bei 395 m Meereshöhe werden die geröllfreien Lösslehme auf der nordsüdwärts gerichteten Bergrippe im O von Heroldsberg ersetzt durch gewaltige Schottermassen. Der flache Rücken der sogenannten „Steinleite" von 395 bis 380 m ist völlig besät mit Geröllen von Eisensandstein mit Windkanten derart, dass man oft glauben könnte, auf Dogger zu wandeln, der doch dem ganzen Kalchreuther Höhenzug anstehend fehlt.

III. Allgemeine Betrachtungen.

A. Rückblick.

Drei Terrassen haben wir im Diluvium der Umgegend kennen gelernt. Sie stellen die ehemaligen durch das successive Tieferlegen der Thalebenen entstandenen Uferterrassen dar. Da die Schichten des älteren Gebirges in Franken im allgemeinen horizontal gelagert sind, so hat die Erosion in den Hauptthälern in den verschiedenen Perioden jedesmal auf einen Schichtenkomplex besonders eingewirkt. Die verschiedenen Uferterrassen sind

---

1) Die Gliederung des Löss. Neues Jahrb. f. Min. 1891. I. p. 106.

wie an bestimmte Höhen mehr oder weniger auch an bestimmte Schichtenstufen als ihre Unterlage gebunden und zwar je jünger die Terrasse, desto älter ist die Stufe, der sie aufliegt.

Die beiden tiefsten, jüngsten Terrassen gehören am Regnitzthale oberhalb Erlangen der Stufe des Blasen- und Semionotensandsteins, unterhalb Erlangen dem Burgsandstein an. Am Schwabachthal sahen wir sie — entsprechend dem rascheren Gefälle des kürzeren Bachlaufs und zugleich dem allgemeinen Einfallen der Triasjuraschichten gegen NO — bald in die Region der Zanklodonletten gelangen.

Die dritte Terrasse hält sich an die lettenreiche Grenze zwischen den beiden Keupersandstein-Stufen oder liegt dem unteren Burgsandstein auf. Nach O zu steigen ihre Schottermassen am Rathsberge zum Zanklodonletten an dem länger gestreckten Kalchreuther Höhenzug sogar bis zu den Schichten des unteren und mittleren Lias empor. Zeitlich schliesst sich an diese Schotter die Entstehung des Flugsandes und Löss an, aus dessen Verwitterung die kalkfreien Lehme oder Leimen hervorgegangen sind. Während die Verbreitung des Flugsandes sich auf die ehemaligen Flussthäler der III. Terrasse beschränkt, ist das beim Löss nicht der Fall, vielmehr bedeckt er auch unabhängig von den Schottern der Gehänge die Höhen des Plateaus wenigstens bei Kleingeschaidt, wenn auch nicht am Rathsberg. Steigen wir noch höher im Gebirge aufwärts, so sehen wir auch da an dem Abfall der Berge an dem Grundgebirge einen durch die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Gesteine bedingten stufenförmigen Bau, der ebenfalls auch mit der successiv fortschreitenden Erosion in vordiluvialer Zeit zusammenhängt. Aber es fehlen auf diesen Stufen z. B. oberhalb des Doggersandsteins, bei uns jüngere Terrassenabsätze, abgesehen von Gehängeschottern und Gehängelehmen. Sie sind auch hier vorhanden gewesen, aber mit der Zeit durch die hier länger wirkende Denudation entfernt. Erst auf dem Plateau des weissen Jura begegnen wir wieder solchen jungen Anschwemmungen, der lehmigen und sandigen „Albüberdeckung". Sie gehört einer weiter zurückliegenden Zeit, dem Tertiär an, ja die mehr im SO der Alb aufliegenden Sande, Sandsteine und Eisenerze werden der Oberen Kreide zugerechnet.

B. Vergleiche.

Nachdem wir unbekümmert um die Gliederung des Diluviums in andern schon länger erforschten Gebieten die thatsächlichen Verhältnisse bezüglich des Diluviums bei Erlangen kennen gelernt haben, beschreiten wir nunmehr erst den Weg des Vergleichs.

In der Benennung der einzelnen Schottersysteme des Diluviums scheinen sich jetzt allgemein einzubürgern die auf die Schweizer Gegend zuerst angewandten treffenden Ausdrücke „Deckenschotter oder altdiluviale Flussschotter“, „Hochterrassenschotter“ und „Niederterrassenschotter“, die die fluviatilen Ablagerungen der drei verschiedenen Eiszeiten darstellen. Das Alluvium d. h. die Anschwemmungen seit Schluss der dritten Eiszeit werden dann noch diesen diluvialen Bildungen als besondere jüngere Stufe gegenübergestellt Auch in Bayern ist diese Gliederung schon von v. Gümbel und v. Ammon auf den neuesten geognostischen Karten des Königreichs, den Blättern Nördlingen und Ingolstadt für das Donaugebiet und von v. Ammon [1]) für die Gegend von München durchgeführt. Am untern Main an der NW-Grenze Bayerns arbeiten die grossherzoglich-hessischen Landesgeologen nach dem gleichen System in ihren Aufnahmen im Massstab 1 : 25000 (Blatt Babenhausen, Schaafheim-Aschaffenburg, Gross-Umstadt und Neustadt-Obernburg). Bei einer hoffentlich recht bald in Angriff zu nehmenden, ebenso genauen geologischen Landesuntersuchung Bayerns und so auch des Main- und Regnitzgebiets wird es daher wünschenswert sein, dass speziell in der Einteilung des Diluviums Anschluss an die hessische Aufnahmsmethode und deren Ergebnisse gesucht wird.

Wie verhalten sich nun unsere drei Diluvialterrassen an der Regnitz zu obiger Gliederung des Diluviums?

Die Niederterrasse Du Pasquiers, das fluviatale Aequivalent der sogenannten inneren Moränen der letzten Vergletscherung herrscht unter allen Terrassen am Oberrhein überall unbedingt vor [2]) durch Oberflächenverbreitung, ist als jüngste wichtige Terrasse am schärfsten ausgebildet und erhalten. Es fehlen ihr die

1) Die Gegend von München geologisch geschildert v. L. v. Ammon. Festschr. d. Geogr. Ges. in München 1894.

2) Léon du Pasquier: Die fluvioglazinalen Ablag. der Nordschweiz. Inaug.-Diss. 1891 p. 10.

Lössbildungen und deren Vertreter, die Flugsande. Ihre Oberfläche ist fast vollkommen eben. Von der Hochterrasse werden als Kennzeichen hervorgehoben ihre wellige Oberflächenbeschaffenheit, die bedeutende Grösse der aus weiter Ferne stammenden Gerölle, die vielfach windgeschliffene Flächen aufweisen, und vor allem die Bedeckung durch Löss oder Flugsand. Die altdiluvialen Flussschotter oder Deckenschotter sind bei ihrem Alter am wenigsten gut erhalten; sie erscheinen als Decke auf den Plateaus meist in Gestalt von Sanden und kleineren stark zersetzten oft durch ein Bindemittel verfestigten Geröllen ohne Lehm.

Nach unseren vorhergegangenen eingehenden Schilderungen unterliegt es kaum einem Zweifel, dass zunächst unsere sogenannte III. Terrasse der Hochterrasse entspricht, während die II. der Niederterrasse gleichkommt. Unsere I. oder Vorterrasse von Alterlangen können wir als eine besondere Zwischenstufe zwischen Diluvium und Alluvium, oder besser als ältere Stufe des Alluviums, als Altalluvium, auffassen. Für die Deckenschotter habe ich noch kein sicheres Aequivalent gefunden, wenn man sie nicht etwa in der fraglichen Terrasse im S. von Steudach (42 m über dem Regnitzniveau, 26—30 m über dem Aussenrand der III. Terrasse dort) vermuten will.

Es bleibt uns noch übrig, einige Bemerkungen über die Ausbildung des Diluviums am obern bayrischen Main, soweit es bekannt ist, anzuschliessen. Auch hier wird sich Hochterrasse und Niederterrasse ohne besondere Schwierigkeit überall nachweisen lassen.

Zwischen Itzthal und Mainthal befindet sich nach v. Gümbel [1]) bei Püchitz westlich Banz „ein ungeschichteter Lössähnlicher Lehm von 6 m Mächtigkeit auf einer Geröllschicht von 1 m, deren vollständig abgerundete Geschiebe aus Quarz, Sandeisenstein und Liaseisenknollen bestehen. Die Unterlage bilden Costatenmergel. Solche Gebilde liegen bis 70 m über der Thalsohle“. Also ungefähr wie bei Johannisthal unsere III. oder Hochterrasse.

Im W von Unnersdorf bei Banz nehmen geröllführende Lehme eine weit ausgebreitete Terrasse von durchschnittlich 50 m über dem Mainspiegel ein und steigen im Mahlberg bis 70 m über den

---

1) Frankenjura. Geogn. Beschreib. d. fränk. Alb. 1891, p. 549.

Fluss. Löss mit Puppen sah ich nur als dejectiven oder Thallöss an tieferen Gehängen westlich Unnersdorf bei 25 m über dem Fluss.

Die Lössvorkommnisse von Bamberg am Wege zur Altenburg, am Aurachthalgehänge und am Michelberger Wald (bei 320—330 m) entsprechen in ihrer Höhenlage dem Löss von Spardorf, könnten also hier auch auf primärer Lagerstätte liegen.

In der Umgegend von Würzburg werden von v. SANDBERGER[1] über dem Mainalluvium besonders zwei Diluvialterrassen, jede bedeckt von Löss, unterschieden. Dem Sand und „Berglöss" der Höhen beziehungsweise des Plateaus, von denen der Löss in den Hassbergen bis zu 400 m Meereshöhe emporsteigt, möchte ich unsere III. Terrasse mit dem Löss von Johannisthal (388—400 m) und Katzenkopf (432 m) parallel stellen. Die Gerölle der tieferen Terrasse scheinen der Niederterrasse anzugehören. Der auf ihnen liegende „Thallöss" ist wahrscheinlich nur sekundär umgelagert und von den Bergen hinabgeschwemmter Löss.

C. Pseudoglaziale Erscheinungen am untern Main.

Die Diluvialbildungen bei Erlangen sind sämtlich entweder fluviatilen oder äolischen Ursprungs. Es fehlen hingegen glaziale Gebilde. Nirgends finden sich Erscheinungen, die mit Sicherheit auf das Vorhandensein von ehemaligen Gletschern hinweisen. Höchstens ist für die sogenannte zweite Eiszeit eine allgemeine Schneebedeckung des Landes zuzulassen, welche die Entstehung von mitteldiluvialem, unter Löss verdecktem Gehängeschutt noch besser erklären würde.

In dieser Zurückweisung einer allgemeinen Vergletscherung der mitteldeutschen Gebirge befinde ich mich zu meiner grossen Freude in vollständiger Uebereinstimmung mit den Forschungsergebnissen und Ansichten des unstreitig besten Kenners der Geologie Bayerns, v. GÜMBEL[2]), und von zweien der gründlichsten und

---

1) Ablag. der Glazialzeit und ihre Fauna bei Würzburg. Sitzung d. phys.-med. Ges. zu Würzburg 1879 Bd. XIV und Ausland 1879 Nr. 29, sowie „Geologisches Idealprofil der Umgegend von Würzburg" in „Geologische Skizze der Umgegend von Würzburg".

2) Geogn. Beschr. d. Fränkischen Alb, p. 161.

massgebendsten Kenner der jetzigen und diluvialen Glazialerscheinungen Europas, A. PENCK [1]) und J. GEIKIE [2]).

Ich würde auf diesen Punkt nicht noch einmal zurückgekommen sein, wenn nicht neuerdings von den Geologen der grossherzoglich-hessischen geologischen Landesanstalt [3]) wiederholt und ausdrücklich eine einstige Vergletscherung des Odenwalds und Spessarts behauptet worden wäre. Gab es wirklich zur Zeit der zweiten Vereisung der Alpen und Norddeutschlands (der Hochterrasse) einen untern „Maingletscher", dann muss es auch einen Regnitz-, einen Schwabachgletscher gegeben haben. Wollen wir letzteres leugnen, so müssen wir auch die Gründe, die zur Annahme einer Vergletscherung des untern Maingebiets führten, zu widerlegen suchen.

Die wichtigste Lokalität, die nach KLEMM [4]) „den deutlichsten Beweis für die Existenz diluvialer Gletscher im Spessart liefert, befindet sich bei der Eckertsmühle südlich von Aschaffenburg". In dem betreffenden Aufschluss, sind, wie es die a. a. O. beigegebene Figur erläutert, die sonst steil nach NNW einfallenden „Schieferschichten und Granitbänke bis in eine Tiefe von ca. 1,3 m unter der Oberfläche in auffälliger Weise nach NW, also nach dem Innern des Hügels zu bis in eine horizontale Lage umgebogen". Diese Störungserscheinung soll „einem aus Südosten nach Nordwesten vorrückenden Gletscher ihre Entstehung verdanken". Einige Zeilen weiter [5]) ist die Rede von einem „von Südosten oder Osten her vorrückenden Gletscher" und dem „gewaltigen Druck seiner unaufhaltsam vordringenden Eismassen".

Das heutige Thälchen des Henzbachs im Norden dieser Stelle

1) Pseudoglaziale Erscheinungen. Ausland 1884.

2) The Great Ice Age and its Relation to the Antiquity of Man. Third Edition, largely rewritten. London 1894.

3) LEPSIUS, in Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. LXV. 1894, p. 546. — G. KLEMM: Gletscherspuren im Spessart u. östl. Odenwald. Habilitationsschrift. Notizblatt d. Ver. f. Erdkunde zu Darmstadt IV. Folge 14. Heft 1894. — G. KLEMM: Mittheil. a. d. Aufnahmegebiet d. Sommers 1894. Notizblatt 15. Heft, p. 5. — G. KLEMM, C. CHELIUS und CH. VOGEL, Erläuterungen zur geol. Karte des Grossherz. Hessen, III. Lieferung Blätter Babenhausen, Schaafheim-Aschaffenburg, Grossumstadt, Neustadt-Obernburg.

4) Gletscherspuren etc. p. 3, t. 2, f. 1.

5) l. c. p. 5.

hat nach der Karte einen von O nach W gerichteten Verlauf. Die Schieferschichten sollen von ONO gegen WSW streichen. Die letzte Richtung weicht also nur wenig von der des Thals, in dem sich doch der Gletscher bewegt haben müsste, ab. Ein senkrecht zur Streichrichtung der Schichten, genau also von SSO kommender Gletscher, der allein solch eine Umbiegung der Schichten, so dass diese nachher seiner eignen Stossrichtung entgegen nach SO fallen oder ganz horizontal erscheinen, bewerkstelligen konnte, ist nach den Terrainverhältnissen (vergl. die Karte Blatt Schaafheim-Aschaffenburg) undenkbar. Wie aber eine von O gegen W im Henzbachthal vorrückende Eismasse eine Schicht gegen NNW (also hauptsächlich in nördlicher Richtung) umbiegen könne, ist noch weniger verständlich.

In Wirklichkeit ist es allerdings kein in der Thalrichtung wirkender Druck gewesen, sondern ein solcher senkrecht darauf, d. h. von der Höhe der Hügel in der Richtung des stärksten Gefälles zur Tiefe des Thals, der diese „auffälligen" Erscheinungen hervorgebracht hat. Es liegt hier ein in der Natur recht häufig zu beobachtendes Phänomen vor, das wir schon von De la Beche und Dieffenbach in der „Vorschule der Geologie, eine Anleitung zur Beobachtung und zum richtigen Verständnis der noch jetzt auf der Erdoberfläche vorgehenden Veränderungen, nach dem „Geological Observer" des Sir Henry de la Beche mit Zusätzen, bearbeitet von Dr. E. Dieffenbach, Braunschweig 1853" auf p. 26 vortrefflich erklärt finden:

„Das nicht von den Gesteinen absorbirte Regenwasser wirkt mechanisch auf die Oberfläche des Landes, und bewegt solche zerstörten Gesteinsteile auf ein niedrigeres Niveau, die es nach seinem Volumen und seiner Geschwindigkeit entfernen kann. Die gemischten Wirkungen der Zersetzung aus atmosphärischen Ursachen und der Benetzung der Oberfläche auf Hügelabhängen sieht man oft gut in Schiefergebieten, indem man in einer gewissen Tiefe unter dem Boden die Umbiegung der Ränder der Schiefer gegen das Thal wahrnimmt, gleichsam die Tendenz der feuchten Masse der Oberfläche, durch ihre Schwere nach niederen Stellen zu gleiten." Die a. a. O. beigefügte Figur 15 erläutert diese Thatsache.

Die beschriebene Erscheinung von knieförmiger Umbiegung der Schichten in der Richtung nach dem Fuss der Böschung zu, ohne Unterbrechung des Zusammenhangs habe ich[1]) schon vor

---

1) Die Trias am Nordrande der Eifel zwischen Commern, Zülpich und dem Roerthale. Inaug.-Diss. 1885. Abh. z. geol. Spec. v. Preussen VI, 2, p. 99.

Jahren in ganz typischer Ausbildung wahrgenommen, und zwar an den Schichten des Untern und Mittleren Keupers am Nordrand der Eifel an der Achemer Mühle im SW von Zülpich am Südsaum der Kölner Bucht, einer Gegend, wo noch niemand bis jetzt an Vereisung gedacht hat. Die Böschung der Oberfläche ist dort ausserordentlich flach, jedenfalls nicht stärker als an der Eckertsmühle und dem später zu erwähnenden Hardtberge bei Grossumstadt, und doch hat eine Rutschung nach unten stattgefunden und eine Umbiegung der Schichten bewirkt.

Die gleiche Erklärung passt auch auf die Umbiegung der Schichtenköpfe der Schieferschichten und Granitbänke, welche KLEMM vom Hardtberge NO von Gross-Umstadt beschreibt. Auch dort haben die der Oberfläche genäherten Teile der Schichten gelockert, feucht und schwer geworden durch die eingedrungenen Atmosphärilien (Wasser und Schnee) sich gegen tiefere Regionen des von SW nach NO streichenden Berges geneigt, so dass sie jetzt horizontal und gestreckt erscheinen. Eine Schneemasse auf der Spitze und den Abhängen des Hardtberges kann wohl durch ihren vorzugsweise vertikal ausgeübten Druck mitwirken zu solch einem Phänomen. Ein Gletscher aber wird nie von der Spitze eines Berges den steilsten Weg zur Tiefe wählen, (wie es am Hardtberge hätte der Fall sein müssen,) weil er auf einem Gipfel überhaupt nicht entsteht, sondern in den kesselförmigen Anfängen der Thäler, die er entlang hinab streicht.

Auch andere Autoren, J. G. BORNEMANN [1]) im Jahre 1883 und neuerdings STEINMANN [2]), haben ganz entsprechende Erscheinungen an Berggehängen bei Eisenach und am Schwarzwald irrtümlich als Beweis einer einstigen Inlandeisbedeckung angesehen.

Die von KLEMM l. c. p. 4 besprochene sackartige Einsenkung in den Schiefern von Eckertsmühle, die erfüllt ist von gelbem oder röthlichem, stark eisenschüssigem, mittelkörnigem Sand, entspricht nach Beschreibung und Abbildung ähnlichen trichterförmigen Einstülpungen von rothem, eisenschüssigem, lehmigem Verwitterungssand mit eckigen Sandsteintrümmern in Keuperletten, wie man sie bei Sieglitzhof unweit Erlangen aufs schönste

1) Von Eisenach nach Thal und Wutha. Jahrb. d. k. pr. geol. Land- u. Bergak. für 1883. Berlin, 1884, p. 407, t. 27.

2) Ergebn. d. neu. Forsch. im Pleistocän d. Rheinthals. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1892, p. 544.

und in verschiedenster Ausbildung wahrnehmen kann. Ich muss diese Gebilde für geologische Orgeln halten, nach Art derjenigen von Limhamm bei Malmö und Rüdersdorf, die sich in den dortigen Geschiebelehm von oben also aus dem Hangenden oder in den Muschelkalkschutt eingesenkt haben und die einst PENCK in der Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. XXXI 1879 p. 134, f. 1 abbildete. Derselbe Autor sagt an anderer Stelle[1]) über derartige Erscheinung Folgendes:

Verwitterungslehme greifen mehr oder weniger regelmässig sackförmig in ihr Liegendes ein, häufig auch noch unangegriffene Partieen des letzteren umschliessend. Zeichnet man die Sache ab, so erinnert das Ganze an Schichtenstauchungen, welche hie und da im Liegenden der Moränen auftreten. Was ROTHPLETZ (ich füge hier hinzu: auch KLEMM) „als Schichtenstauchungen aus dem Diluvium von Paris" (bezw. dem Maingebiet) „abbildet, sind solche Verwitterungsgebilde."

Ich bestreite nicht, dass die fragliche geologische Orgel schon in der Diluvialzeit oder gar im Pliocän entstand; im Gegentheil, so konnte sie auch jener späteren Gehängerutschung und Umkippung der Schichten, die wir oben erklärt, mit unterliegen. Von einem „Einpressen" von Gesteinsfragmenten „in das Nebengestein", einem „Auswalzen" der heute im Hangenden der Orgel befindlichen Schieferpartie und einem „Hinüberschieben über lockere Massen" kann füglich kaum die Rede sein.

Die an den beiden genannten Stellen dem Grundgebirge aufliegenden und an vielen anderen Stellen des Odenwalds und Spessarts vorkommenden, als „Grundmoränen" und „Blocklehm" gedeuteten Lehme mit eckigen Blöcken sind als Gehängelehm und Gehängeschutt aufzufassen. Wenn sie unter Lössbedeckung liegen, ist es eben „Rubble drift," „Schutt der Glazialzeit entstanden unter Mitwirkung von Schnee aber ausserhalb des vergletscherten Gebietes"[2]). Dass Gehängeschutt leicht mit Blocklehmen verwechselt werden kann und thatsächlich viel verwechselt ist, hat PENCK überzeugend dargethan[3]). Gehängebildungen treten in allen Gebirgen auf, nicht nur bei Erlangen, im Frankenjura oder bei Wurzbach im Frankenwald[4]). Auf den neuesten geologischen Spezial-

1) Ausland 1884, p. 645.

2) PETERMANNS Mitth. 1895, VII. Heft, p. 171.

3) Ausland 1884, p. 644.

4) DATHE: Gletscherspuren im Frankenwald. Jahrb. d. geol. Landesanst. Berlin, 1880. — PENCK: Ausland 1884, p. 644.

karten von Hessen sind diese Bildungen meiner Ansicht nach in ihrer Bedeutung zu wenig gewürdigt worden. Auf Blatt Neustadt-Obernburg z. B. kann ich mir die Buntsandsteinberge nicht anders als mit einem mehr oder weniger breiten Saum von Gehängeschutt diluvialen oder rezenten Alters an ihrem Fusse vorstellen. An dessen Stelle findet man hier überall Grundmoränen, die eine zusammenhängende Zone bilden, eingetragen.

D. Nachtrag.

Vor kurzem erschien im Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. 1895, Band I eine kurze briefliche Mitteilung des Dr. F. W. Pfaff in München: „Ueber die Gliederung des Diluviums der Umgegend von Erlangen“, eine Mitteilung, deren Lektüre für uns Erlanger natürlich von besonderem Interesse war.

Herr Dr. Pfaff scheint nicht zu wissen, dass Herr Professor Dr. Oebbeke und der Verfasser sich auch in Erlangen selbst u. a. damit beschäftigen, die Umgegend geognostisch zu durchforschen und schon längst eine genauere Kartirung, als sie bis jetzt vorliegt, vorbereiten. Was mich persönlich betrifft, so habe ich, seit mich mein Schicksal als Geologen nach Erlangen geführt hat, es als eine meiner ersten Aufgaben angesehen, der geognostischen Beschaffenheit der Umgegend meine Aufmerksamkeit zu widmen. Veröffentlicht habe ich selbst von meinen bisherigen Studien-Resultaten freilich noch Nichts, da es nicht meine Gewohnheit ist, sofort jede kleine noch halbreife Beobachtung der wissenschaftlichen Welt brieflich mitzuteilen. Gleichwohl glaube ich speziell über das in Rede stehende Diluvium genügend neues Material gesammelt zu haben, das einer Zusammenstellung wert erscheint.

Herrn Dr. Pfaff sind übrigens auch die von anderer Seite wirklich erschienenen neusten Publikationen über die Geologie der Umgegend von Erlangen bei seinem eifrigen Studien ganz unbekannt geblieben. Ich erlaube mir deshalb, ihn auf eine schon im Jahre 1893 gedruckte (offiziell von 1894 datirte) Inaug.-Dissertation von A. Lissack aufmerksam zu machen über „die geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Kalchreuth und Eschenau“, in welcher er einen ihn vielleicht interessirenden Abschnitt über „Diluvium“ vorfinden wird.

Was hat nun Pfaff in obiger Mitteilung Neues über unser Diluvium ausgesagt und was ist davon richtig?

Bei dem Bestreben, eine Gliederung des hiesigen Diluviums (nach dem Muster des rheinischen, speziell badischen) durchzuführen, ist es ihm zunächst gelungen, zwei Stufen zu unterscheiden, eine von ihm sogenannte „Niederterrasse“ und eine etwa 8 m höhere, weiter zurückgreifende Sand-Terrasse, über deren Bezeichnung, ob „Mittelterrasse“ oder „Hochterrasse“, er sich noch im unklaren befindet. Bisher hatte man diese beiden Terrassen auch schon in unserer Gegend getrennt, allerdings unter anderem Namen, nämlich als „Alluvium“ und „Diluvium“, also die eine Terrasse überhaupt gar nicht mehr zum Diluvium gestellt, das hier doch gegliedert werden soll. Die auch für Nichtgeologen auffällige und leicht verfolgbare Grenze zwischen diesen beiden Stufen war bereits auf der GÜMBEL'schen Karte „Blatt Bamberg“ ziemlich genau aufgetragen. Jetzt wird also unser Alluvium, das jetzige Ueberschwemmungsgebiet der Regnitz und ihrer Zuflüsse aus der Reihe der selbständigen Schichtensysteme gestrichen und als blosse Unterabteilung dem Diluvium zugerechnet.

Dagegen wäre schliesslich nicht so viel einzuwenden wie gegen die sofortige Namengebung unter bestimmter Bezugnahme auf die Niederterrasse am Oberrhein.

Der Name „niedere Terrasse“ wurde zuerst von DU PASQUIER[1]) in Zürich (1891) angewandt für die am meisten vorherrschende tiefere Diluvialstufe von durchschnittlich 30 m über den Flüssen der Nordschweiz. Fast alle Autoren trennen von dieser Niederterrasse die im Flussbett befindlichen Kieslager und sonstigen Alluvialbildungen des heutigen Inundationsgebiets als noch jünger. Nur STEINMANN[2]) in Freiburg stellt der Niederterrasse „die Gesamtheit der jüngsten Auffüllungen“, das „Alluvium der Mehrzahl der Autoren“ direkt gleich. Wie aus meinen ausführlichen Beschreibungen für jeden mit der Materie bewanderten Diluvialgeologen zur Genüge hervorgehen dürfte, ist gerade PFAFF's höhere Terrasse von 8 m, d. h. meine II. Terrasse, der Niederterrasse im Sinne von deren Urheber DU PASQUIER und der meisten Autoren gleichzustellen. Mindestens hätte PFAFF ausdrücklich von einer „Nieder-

1) LÉON DU PASQUIER: Ueb. die fluvioglazialen Ablag. d. Nordschweiz. Inaug.-Diss. 1891 p. 11.
2) Ueb. d. Gliederung des Pleistocäns im badischen Oberlande. Mitth. d. Grossh. bad. geol. Land. I. Bd. XXI. 1893. p. 784.

terrasse im Sinne STEINMANN's aber nicht der übrigen deutschen Autoren" sprechen sollen, um zu keinem Missverständniss Anlass zu geben.

Die alluviale „Niederterrasse" PFAFF's soll sich nun nach diesem Autor durch zwei Umstände, das vollständige Fehlen von Lehm und relativ häufigeres Auftreten von Feldspathkörnchen vor der nächst älteren Diluvialterrasse auszeichnen. Beide Unterschiede treffen nicht ganz zu. Erstens ist lehmiges Material speziell der sogenannte Auelehm, sandiger Lehm und lehmiger Sand in den jungen Thalablagerungen als Hochfluthabsatz nicht ausgeschlossen und findet sich ganz besonders da vor, wo Stauungen des Wassers stattgefunden haben oder noch gelegentlich stattfinden, so an der Mündung der Regnitz in den Main, der Schwabach in die Regnitz und an der Schwabach auf der Insel im N von Erlangen und oberhalb der Schleifmühle. Andererseits gibt es Feldspathkörnchen nach Herrn Prof. OEBBEKE's, Dr. GEIGENBERGER's und meinen Beobachtungen ebenso häufig im Sand der „Niederterrasse" wie im Diluvialsand und wie im anstehenden Keupersandstein, aus dessen Zerstörung vornehmlich jene beiden Sandablagerungen herrühren.

Bei der Entscheidung der Frage nach dem Alter der erwähnten Terrassen vermisst nun PFAFF schmerzlich den hierfür so wichtigen Löss, der „in der Umgegend von Erlangen noch nirgends nachgewiesen werden konnte", wenigstens nicht von ihm selbst. Auch in dieser negativen Hinsicht zeigen PFAFF's Forschungsresultate keine Fortschritte, vielmehr noch den gleichen Standpunkt wie die Ergebnisse der bisherigen Landesaufnahme[1]) im Massstab 1 : 100000 im Jahre 1887, wonach typischer Löss das Mainthal herauf nur bis in die Gegend von Bamberg, nicht aber in das Regnitzthal aufwärts reicht. In Bezug auf den Löss vermag ich nun Herrn Dr. PFAFF zu trösten. Auch bei Erlangen ist typischer Löss vorhanden, wie er ihn nur wünschen kann. Schon vor drei Jahren hatte ich an der Ziegelei Johannisthal zwischen Grossgeschaidt und Heroldsberg bei 388 m Meereshöhe kalkhaltigen Lehm mit zahlreichen echten Lösskindeln und vielen Exemplaren von *Pupa muscorum* wahrgenommen. In der oben angeführten,

1) Vergl. Blatt Bamberg der geognost. Karte des Königreichs Bayern und Erläuterungen dazu 1887, p. 40.

von PFAFF ignorirten Arbeit von LISSACK ist dieses Lössvorkommen bereits erwähnt. Seitdem hat sich, wie gezeigt, typischer Löss mit Konchylien noch an drei andern Punkten bei Erlangen nachweisen lassen. Freilich haben diese Lössvorkommnisse mit den tieferen eben erwähnten Terrassen PFAFF's nichts zu thun, sondern schliessen sich an unsere dritte an.

Von den oberhalb seiner zweiten Sandterrasse folgenden älteren Quartärbildungen bei Erlangen sagt PFAFF überhaupt nur wenig aus: „Die weiter folgenden Ablagerungen bedürfen noch einer genaueren Begehung (!) und tragen mehr lokalen Charakter. Es sind das erstens Ablagerungen, die ausgezeichnet sind durch das Vorherrschen von braunen Jura-Eisensandsteinen, obwohl weisse Jura-Feuersteine nicht fehlen, in denen sich massenhaft *Pecten perarmatus* und andere Versteinerungen finden und bis zu einer Höhe von 420 m über der Nordsee oder 143 m über der jetzigen Thalsohle hinansteigen“.

Augenscheinlich handelt es sich hier um unsere dritte Terrasse auf dem rechten Regnitzufer. Aber was ist das für ein *Pecten perarmatus*, der es nebst anderen Versteinerungen kühn unternimmt, zu den Höhen emporzusteigen? Da nach den deutschen Sprachregeln Relativsätze meist auf das letztvorhergehende geeignete Substantivum sich beziehen, so müsste er nach obigem Satz dem weissen Jura entstammen. Leider muss ich bekennen, dass mir ein *Pecten perarmatus* weder aus dem weissen Jura noch aus sonst einer andern Schichtenabteilung Frankens bekannt ist. Sollte es sich hier um eine neue unbeschriebene Spezies von PFAFF handeln? Hätte er doch wenigstens auch den Autor beigefügt, dann liesse sich immerhin errathen, ob vielleicht *Pecten personatus* GOLDFUSS (= *P pumilus* LAM.), das gemeinste Fossil der Gerölle des Doggersandsteins, gemeint ist. Dann will ich gerne zu Gunsten des Autors annehmen, dass es sich hier nur um einen oder mehrere Druck-, nicht Schreibfehler handelt.

Zum Schlusse seiner Mitteilung bespricht PFAFF noch sogenannte „Stauchungserscheinungen“ und „wellenartige Ineinanderschiebungen“ der obersten Schichtenlagen in den Steinbrüchen bei Erlangen, z. B. am Burgberg. Meinen Beobachtungen in der Umgegend zufolge sind diese Erscheinungen nicht auffallender als wie man das an Aufschlüssen, wo harte Gesteinsbänke und weiche elastische Thon- und Lettenlagen oder blos weiche Lagen von

Sand und Thon miteinander abwechseln, überall in der Welt mehr oder weniger wahrnehmen kann [1]) und scheinen mir ohne besonderen Belang für die Erklärung der Diluvialablagerungen. Wenn Pfaff hier etwa ähnlich wie Klemm an direkte Wirkungen durch auflagerndes und schiebendes Gletschereis denken sollte, so bemerke ich noch einmal, dass bis jetzt sonst keine einzige Beobachtung irgendwelcher lokaler Erscheinungen zu der kühnen Hypothese einer Vergletscherung des Frankenjura und gar des Regnitzgebietes bei Erlangen berechtigt.

1) Man vergl. als Beispiel das Profil der unregelmässig welligen Ueberdeckungsschichten am Bahnhof von Neukirchen unfern Sulzbach in Gümbel: Geogn. Beschreibung der fränkischen Alb, p. 428.

Zum Gedächtnis an August Kundt.

Rede, gehalten in der Allgemeinen Sitzung vom 8. Juli 1895.

Von Hermann Th. Simon.

Meine Herren!

Das Jahr 1894 bleibt in der Geschichte der Physik für immer ein Jahr schmerzlichster Erinnerung. Hat es doch Dreien der Besten ihrer Bekenner auf einmal, Heinrich Hertz, August Kundt, Hermann v. Helmholtz, in ihrer Siegeslaufbahn auf dem Wege der Erkenntnis ein jähes Halt zugerufen.

Ein jähes Halt für alle Zeit, dass es schmerzlichen Widerhall weckte, soweit das Reich des Wissens herrscht und Menschen umschliesst, die sich an der geistigen Kraft und Grösse ihrer Zeit erheben und erfreuen.

Auch dem Genie ist nur zu unabwendbar ein Ziel gesteckt. Diese eherne Notwendigkeit ist hier dreifach wahr geworden. Aber dreifach auch bleibt wahr: Soviel wir an diesen drei Männern verloren haben, soviel bleibt unser in alle Zeit; unser an ihren unvergänglichen Werken, an der lebendigen Kraft ihrer Gedanken und ihrer Persönlichkeiten. Und immer wieder wird man sie nennen die grossen Namen Hertz, Kundt, Helmholtz, solange Wissenschaft und Wissensdrang bestehen.

Von Heinrich Hertz, den jenes tückische Halt traf, als er, zwar schon auf der Höhe eines beispiellos genialen Forscherlebens, nach menschlichem Ermessen seinen besten Jahren erst entgegen ging, von Heinrich Hertz, dem Forscher und Menschen, ist an dieser Stelle ein umfassendes Lebensbild entworfen worden[1]).

Was die Menschheit an dem Riesengeiste eines Helmholtz verloren hat, weiss oder ahnt jeder, der unsere Zeit bewusst gelebt hat, und immer schmerzlicher wird es die Zukunft empfin-

---

1) H. Ebert, Sitz.-Ber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen Nr. 26 p. 15. 1894.

den lehren. Auch sein Leben hat hier vor nicht langer Zeit von berufener Seite eine würdige Schilderung gefunden[1]). — Welch ein trefflicher Mann, welch eine herrliche Persönlichkeit, welch hervorragender Forscher und Lehrer aber in August Kundt dahingegangen ist, das, will mir scheinen, ist noch lange nicht genug über die Kreise seiner Fachgenossen und Freunde hinaus bekannt. Und doch verdient er es, wie einer, dem Herzen und dem Gedenken seines Vaterlandes nahe zu stehen. Denn er war ein deutscher Mann ureigenster Kraft und ureigensten Wesens, wie sie uns immer wieder als unvergängliche Beispiele vor Augen stehen sollten. Und sein Wirken und seine Persönlichkeit sind so recht geeignet, sich daran zu erheben und zu begeistern. Weit mehr fast, will mir scheinen, wie das eines Helmholtz. Denn die unfassbare Grösse des Genies, wie es sich in diesem gigantischen Geiste vereinigt fand, macht uns schwindeln. Wir können solche Grösse nicht von Angesicht zu Angesicht schauen, ohne im Gefühle eigner Nichtigkeit zu Boden gedrückt zu werden. Bei Kundt hingegen finden wir uns die Grösse menschlich nahe gerückt. Hier berührt sich unser Wollen und Streben mit dem Glanze einer Genialität, welche belebendes Licht spendet, ohne zu blenden.

Lassen Sie mich versuchen, Ihnen, so gut ich es nach den Eindrücken, die ich als sein Schüler gewonnen habe, vermag, ein getreues Bild zu zeichnen von dem teuren Manne, seinem Forschen, seinem Lehren und Wirken und seiner Persönlichkeit. Denn der Forscher, der Lehrer und der Mensch Kundt gehören zusammen. Nur vereint betrachtet, geben sie ein richtiges, die ganze Bedeutung dieses Lebens umfassendes Bild.

August Kundt wurde geboren am 18 November 1839 zu Schwerin. Sein Vater, Commissar des grossherzoglichen Marstalls, ein Mann von reichem, meist autodidaktisch erworbenem Wissen und vielseitigstem Interesse, wusste die Kräfte des jungen Kundt nach den verschiedensten Richtungen hin zu wecken. Ihm dankte der Sohn eine Reihe von schönen Fertigkeiten, die ihm später so dienlich werden sollten. Vom Vater scheint er vor allem die wundervolle Elastizität des Geistes, die ihn später auszeich-

---

1) E. Wiedemann, Sitz.-Ber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen Nr. 25 p. 25. 1893.

nete, geerbt zu haben, sowie die lebendige Kraft des Entschlusses, die vor keiner Schwierigkeit zurückzuscheuen gelernt hat und nicht ruht, bis sie überwunden ist. — Das Erbteil der Mutter dagegen scheint sein rastloses, unermüdlich thätiges Wesen gewesen zu sein, seine ewig jugendliche Frische, ein gewisses Feuer der Begeisterung, welches ihn bei allem seinem Reden und Thun entflammte und dem Geist über alle körperlichen Unbilden hinaus die unbedingte Herrschaft der Energie sicherten. Bis in seine letzte Zeit des körperlichen Siechtums hinein hat ihn diese Frische nur selten verlassen, und mag seine Angehörigen und Freunde nur zu sehr über den Ernst seines Zustandes hinweggetäuscht haben.

Die Gymnasialzeit verbrachte er in seiner Vaterstadt. Seine freie Zeit fand ihn da schon früh naturwissenschaftlichen Beschäftigungen und Neigungen zugewandt, denen er in seiner „Hexenküche" — so nannten die Bediensteten des Hauses das kleine Laboratorium des Knaben — eifrig nachhing. — Mit dem Zeugnis der Reife ging er dann zu Michaelis 1859 nach Leipzig, um Mathematik und Naturwissenschaften zu studieren. Von all den Männern, deren Vorlesungen er hier und später, seit 1861, in Berlin hörte — es waren in Leipzig besonders der Astronom Bruhns, der Chemiker Erdmann, der Physiker Hankel, der Mineraloge Naumann, der Mathematiker A. F. Möbius, in Berlin die Astronomen Encke und Förster, der Mathematiker Kummer, der Physiker Dove — von allen diesen Männern hat keiner so nachhaltigen Einfluss auf ihn ausgeübt, wie der Physiker Magnus, in dessen Laboratorium zu Berlin er eintrat, als einer der wenigen Ausgezeichneten, welche in des Meisters nächster Umgebung arbeiten durften. Magnus, einer der Grossmeister mustergültiger exakter Experimentalforschung, war für die Begabung Kundt's in jeder Weise der geeignete Lehrer. Unter seiner Anregung entwickelte sich Kundts wissenschaftliche Kraft und experimentelles Geschick zu der klassischen Vollendung, welche uns aus allen seinen Arbeiten entgegentritt und ihnen den Stempel der Meisterschaft aufdrückt. — Für die Ausbildung und Entwicklung seiner vielbewunderten experimentellen Geschicklichkeit hat, wie er es selbst oft genug hervorhob und wie W. v. Bezold mahnend in seiner Gedächtnisrede auf ihn[1]) betont, der gewisse Zwang,

1) W. v. Bezold, August Kundt, Gedächtnisrede. Leipzig 1894.

welchen die Einfachheit der damaligen Mittel der Selbsthülfe auferlegte, eine hervorragende Bedeutung gehabt. Er hat in seiner Lehrthätigkeit diese Erfahrung wohl verwertet. Gar oft hat man ihn klagen hören, dass die Bequemlichkeit der modernen Mittel den werdenden Physiker gar zu sehr verwöhne, und unselbständig und unfertig mache zum Kampf mit der Materie, zu welchem er doch berufen sei. — In der That, seine Arbeiten sind das glänzendste Zeugnis, wie sehr er selbst zu diesem Kampfe gerüstet war.

Die ersten Berliner Jahre, die Lehrjahre, zeitigen schon eine Reihe von schönen Einzelarbeiten ohne besonderen inneren Zusammenhang untereinander, Früchte offenbar seines eifrigen Studiums der physikalischen Literatur. Er sondiert das Terrain und sucht nach dem Felde, auf welchem seine geistige Kraft zu einem Hauptschlage ausholen könne.

Die wichtigsten Abhandlungen, welche aus dieser Periode stammen, lauten: „Über die Untersuchung planparalleler Platten.“ „Über Augenmass und optische Täuschung.“ „Über Depolarisation.“ „Über die Doppelbrechung in tönenden Stäben.“ — Die erste von ihnen gibt eine einfache Methode zur Prüfung der Planparallelität von durchsichtigen Platten und stellt die Gleichungen auf, welche die Methode auch zur Bestimmung des Neigungswinkels einer von der Planparallelität abweichenden Platte benutzen lehren. — Die zweite beschäftigt sich mit einigen bekannten optischen Täuschungen, erklärt sie von einem einheitlichen theoretischen Gesichtspunkte aus, dem sich zugleich die Erfahrungen über Augenmass einordnen, wie sie Kundt aus den verschiedensten Gebieten gesammelt wiedergibt. Weiter liefert diese Theorie die Gesichtspunkte zur Konstruktion mehrerer neuer optischer Täuschungsfiguren. — Die dritte dieser Arbeiten untersucht im Gegensatz zu der Frage, wie man gewöhnliches Licht in polarisiertes verwandle, den umgekehrten Fall, wie man polarisiertes Licht entpolarisiere, und weiter, welche Struktur Körper haben müssen, damit sie diese Umwandlung, sei es beim Durchlassen, sei es bei der Reflexion des Lichtes hervorbringen. — Die vierte endlich geht aus von einer von Biot beobachteten Thatsache, dass ein zwischen zwei gekreuzte Nicol'sche Prismen gebrachter longitudinal tönender Glasstab das Gesichtsfeld aufhellte. Kundt weist mit Hülfe des rotierenden Spiegels nach, dass dieses Aufleuchten

periodisch sei, entsprechend den Einzelschwingungen der Longitudinaltöne des Stabes, und dass es herrühre von der Doppelbrechung, welche notwendig bei der periodisch wechselnden Dehnung und Zusammendrückung der schwingenden Glasteilchen auftreten müsse.

Es ist schon bei diesen, wie bei allen Arbeiten Kundt's, eine Freude, zu verfolgen, wie scharf er sich seine Fragen zu stellen weiss, wie klar durchdacht seine Prämissen aufgestellt, werden und wie streng seine Schlüsse sich fügen. Dabei eine Klarheit der Darstellung, ein Wohllaut und eine Abrundung der Form, die immer wieder erfreut und das Lesen der Kundt'schen Abhandlungen zu einem wahren Genuss macht.

Inzwischen hatte Kundt im April 1864 mit der zweiten der genannten Arbeiten „Über Depolarisation" promoviert und war Assistent seines grossen Lehrers Magnus geworden. Und nunmehr beginnt sich sein Geist ganz frei zu entfalten.

Die letzte der besprochenen Arbeiten „Über Doppelbrechung des Lichtes in tönenden Stäben" hatte Kundt auf dasjenige Gebiet geführt, wo ihm bald unvergänglicher Lorbeer erblühen sollte, auf die Akustik. Sie ist so als Ausgangspunkt anzusehen für die Kette von bedeutsamen Arbeiten, welche sich nun in rascher Aufeinanderfolge anreiht, Glied an Glied, wie eine notwendige Folge von Schluss und Gegenschluss. Nichts kennzeichnet Kundt's weitumfassenden Geist so sehr, wie der Blick, mit welchem er in diesen Arbeiten den Zusammenhang der scheinbar fernliegendsten Gegenstände sofort erfasst und verwertet.

Wilh. Weber hatte beobachtet, dass ein Kork, den man in eine Glasröhre steckt, anfängt, in der Glasröhre zu wandern, sowie man dieselbe durch Reiben in longitudinale Schwingungen versetzt. Eine Erklärung dieser Erscheinung war noch nicht gegeben. Indem nun Kundt diesen Versuch in scharfsinnigster Weise variiert, löst er die Erscheinung in ihre Bestandteile auf und gibt ihre endgültige Erklärung. Er zeigt, dass es die stets neben den longitudinalen Wellen auftretenden Transversalschwingungen sind, welche den Kork bewegen; dass die Fortbewegung nur eintreten kann, wenn der Kork eine konische Form hat, oder vielmehr allgemein eine Form, welche für die Richtung der durch die Transversalstösse in dem Kork geweckten Elastizitätskräfte eine unter einem stumpfen Winkel rückwirkende Resultante sichert.

Es muss dann unter dem Einfluss dieser resultierenden Kraft der Kork durch jeden Transversalstoss etwas nach der Richtung seines dünneren Endes hin fortbewegt werden. — Mehr die Art und Weise, wie Kundt dieses Problem behandelte, als das Problem selbst verdient eingehende Beachtung an dieser Arbeit. Ihre Hauptbedeutung aber bleibt jedenfalls, Kundt's Interesse für die Vorgänge bei elastischen Schwingungen geweckt zu haben. Er ging denn auch gleich weiter auf dem betretenen Pfade. Er griff nun zurück auf eine von Savart angegebene Methode, longitudinale Schwingungen von Stäben dem Auge sichtbar zu machen. Wenn man z. B. in eine Glasröhre ein feines Pulver, etwa Lycopodiumsamen, streut und die Röhre longitudinal anreibt, so ordnet sich der Staub in spiralförmigen Figuren an. Als nun Kundt im Verfolg dieses Versuchs die Röhre an den Enden mit Korken verschloss und dann anrieb, sah er, wie sich der Staub in ganz anderen, quergerippten, periodisch wiederkehrenden Figuren anordnete, den jetzt allgemein unter dem Namen der Kundt'schen Staubfiguren bekannten Formen, da ihre grosse Bedeutung von ihm sofort erkannt und nutzbar gemacht wurde. Beim Anreiben einer solchen beiderseits geschlossenen Röhre gerät die in der Röhre eingeschlossene Luftsäule offenbar in stehende Schwingungen, welche sich dem eingestreuten leichten Pulver mitteilen und dasselbe in den beschriebenen Figuren anordnen. Man hat also in diesen Figuren ein getreues Abbild stehender Luftschwingungen und kann deren Wellenlängen mit Leichtigkeit und, wie Kundt zeigte, mit überraschender Genauigkeit abmessen. Dieselben Wellenzeichnungen erhält man auch, wenn man, statt die das Staubpulver enthaltende Röhre selbst in Schwingungen zu versetzen, etwa die an einem freien Ende eines longitudinal tönenden Stabes erregten Luftschwingungen in eine solche am anderen Ende verschlossene Röhre hineinschickt.

Dieses von Kundt entdeckte Prinzip, stehende Schwingungen von Gassäulen sichtbar und sicheren Messungen zugänglich zu machen, erwies sich in seiner Hand äusserst fruchtbringend. Durch eine ganze Reihe der schönsten und wichtigsten Arbeiten zieht es sich als Leitmotiv und gibt den Schlüssel zur sicheren und zugleich höchst eleganten Beantwortung von mehreren der entscheidendsten Fragen.

Es sei mir gestattet, einige theoretische Bemerkungen hier

einzuschalten, um an ihrer Hand die Bedeutung dieses, des akustischen Cyclus der Kundt'schen Arbeiten ganz würdigen zu können.

Bekanntlich ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Wellenbewegung ganz allgemein durch das Produkt aus Wellenlänge und Schwingungszahl definiert. Da nun die Kundt'sche Methode die Längen stehender Gaswellen zu messen erlaubt, so wird man nach seinem Prinzip die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Gasen ermitteln können, sobald man die Schwingungszahl der in die Röhre hineingeschickten Wellen kennt. Diese Schwingungszahl, welche natürlich diejenige des angewendeten Stabes ist, lässt sich leicht bestimmen. Übrigens machte sich Kundt dadurch von den möglichen Fehlern einer solchen Schwingungszahlbestimmung frei, dass er die Schwingungen eines und desselben Stabes in eine Röhre schickte, welche der Reihe nach mit den zu untersuchenden Gasen gefüllt wurde. Dann ist offenbar das Verhältnis der mittels der Staubfiguren gemessenen Wellenlängen zugleich das Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Schalles in den verschiedenen Gasen. Die absoluten Werte dieser Grösse lassen sich mit Hülfe eines einzigen, etwa für Luft bekannten Wertes aus den Verhältniszahlen berechnen. Von welch grosser Bedeutung derartige Bestimmungen für die theoretische Physik sind, und wie Kundt dementsprechend seine schöne Methode weiter verwertete, darauf wollen wir weiter unten zurückkommen.

Wendet man eine mit Luft gefüllte Röhre an und schickt die Schwingungen eines Stabes hinein, so lässt sich umgekehrt aus der bekannten Geschwindigkeit des Schalles in der Luft und aus der abzulesenden Länge der Luftwellen die Schwingungszahl des angewendeten Stabes berechnen. Zugleich ergibt sich die Wellenlänge der Longitudinalschwingungen des Stabes je nach der Art seiner Befestigung aus seiner Länge. Also hat man jetzt wieder durch das Produkt aus der Wellenlänge im Stabe in seine Schwingungszahl die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Materiale des Stabes. Die Geschwindigkeit einer elastischen Welle ist aber bedingt durch die Quadratwurzel aus dem Quotienten Elastizität: Dichte, des Mediums, in welchem sich die Welle fortpflanzt. Da die Dichte der festen Körper eine gegebene Grösse ist, so ergibt weiter das Kundt'sche Prinzip eine äusserst bequeme und sichere Methode zur Bestimmung der Elastizitäts-

koeficienten fester Körper. Auch für Flüssigkeiten gelang es ihm nach langem Bemühen die Methode anwendbar zu machen.

Wir kehren zur weiteren Verwertung derselben zurück, wie sie die Schallgeschwindigkeiten für die Gase ergeben hatte. Auch für Gase gilt das Gesetz, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in ihnen bestimmt ist durch die Quadratwurzel aus dem Quotienten Elastizität : Dichte.

Die Elastizität der Gase wäre nach dem Druckgesetze derselben dem Drucke gleichzusetzen, welcher auf ihnen lastet, falls sich die Temperatur bei den Schallschwingungen nicht änderte. In diesem Falle aber muss man dem Umstande Rechnung tragen, dass sich die Luft unter dem Einfluss der schnellen Kompressionen und Dilatationen bei den Schallschwingungen periodisch erwärmt und abkühlt. Dass sich hier also in entsprechender Weise die Elastizität, welche die Luftteilchen in ihre Gleichgewichtslage zurückführt, vergrössert. Laplace, welcher diese Überlegung zuerst anstellte, setzte demnach die Elastizität der Gase in dem allgemeinen Ausdruck für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht dem Drucke gleich, sondern ihm durch einen Faktor k proportional und zeigte, dass alsdann der nach der Formel berechnete Wert für die Schallgeschwindigkeit mit dem experimentell ermittelten in Einklang kam. Dieser Laplace'sche Faktor k ist, wie die Theorie weiter ergibt, das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen, welche man für ein Gas findet, wenn man es einmal bei konstant gehaltenem Druck, das andre mal bei konstant gehaltenem Volumen erwärmt. Als solcher ist er für die moderne Anschauung über die Konstitution der gasförmigen Materie von der grössten Bedeutung. Wenn man nämlich mit dieser Anschauung, der kinetischen Gastheorie, annimmt, dass die in einem Gase angehäufte Wärme der kinetischen Energie der in Bewegung befindlichen kleinsten Teilchen entspricht, wobei sich diese Bewegung teils als geradlinig fortschreitende der ganzen Moleküle, teils als solche der Molekülaggregate innerhalb des Moleküls darstellt, so lässt diese Annahme für den Faktor k eine Grösse berechnen, welche durch das Energieenverhältnis jener beiden Bewegungsformen bedingt ist. Für einatomige Gase, bei denen alle Energie nur in geradlinig fortschreitender Bewegung bestehen kann, berechnet die Theorie für den Faktor k den Wert 1,66.

Es ist nunmehr leicht einzusehen, wie Kundt seine Methode zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen weiter verwertete. Wenn er nämlich bei bekanntem Druck beobachtete, und die Dichte der angewendeten Gase bekannt war, so liess sich aus diesen Grössen und aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Faktor k berechnen. Für Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff u. a. bestätigte diese Methode den anderweitig gefundenen Wert k = 1,405. Für Quecksilbergas, für welches die Chemie aus mancherlei Gründen die Einatomigkeit des Moleküls voraussetzte, fand Kundt in einer mit Warburg gemeinsam vollendeten Arbeit in der That den Wert 1,67, wie ihn die Theorie für ein einatomiges Gas verlangte. So bestätigte er zugleich die Voraussetzung der Chemie, wie er der seitdem weiterhin so fruchtbar gewordenen kinetischen Theorie der Gase eine ihrer Hauptstützen schuf.

Sie sehen aus dieser Übersicht, welche nur in grossen Zügen den scharf gegliederten Gedankengang Kundt's wiederzugeben suchte, ohne auf die mannigfachen Abzweigungen, die sich in zahlreichen weiteren Arbeiten von ihm loslösten, eingehen zu können, zu welch fruchtbringender Tragweite ihm seine Grundidee der Staubfiguren erwuchs. Wie meisterhaft er im Einzelnen diese Grundidee bis in ihre fernsten Konsequenzen durchführt, wie er sie nach langem Bemühen auch zur Untersuchung der Luftschwingungen in Orgelpfeifen benutzt, wie er mit folgerichtigem Scharfsinn und eiserner Ausdauer den verschiedenen Fehlerquellen auf den Grund geht, bis er seine Entdeckung zu einer Präcisionsmethode der Messung all der genannten wichtigen Grössen ausgearbeitet hat, darauf kann hier nur hingewiesen werden

Naturgemäss füllt die erschöpfende Erledigung eines so reichen und wichtigen Ideenganges viele Jahre und zieht sich mit Unterbrechungen durch unten zu erwähnende Arbeiten auf andern Gebieten bis in seine spätere Zeit hin. Doch schien es zur vollen Würdigung nötig, diesen Cyclus im Zusammenhang zu überblicken, da er gleichvollendet nach Form und Inhalt, für Kundt's ganze Art zu denken und zu arbeiten wohl am charakteristischsten ist. Zwischendurch und nebenher hat er den mannigfachsten sonstigen Fragen der Physik eine Reihe kleinerer und grösserer Untersuchungen gewidmet. So gibt er eine ausserordentlich sinnreiche Methode zur Untersuchung der Schwingungsform tönender Platten: zeigt wie man Flammen zur Beobachtung von Luftschwingungen,

sowie zur Erregung von Tönen in Luftsäulen benutzen könne. Er konstruiert ein Maximum- und Minimummanometer zur Messung der Druckverteilung in tönenden Luftsäulen, verbessert die Konstruktion der Reibungselektrisirmaschine, findet eine noch nicht beobachtete elektrische Staubfigur auf leitenden Platten und a. m. Alles das sind meist kleinere Arbeiten, die sich aber sämtlich durch die Originalität ihres Grundgedankens oder durch besonderes experimentelles Geschick der Ausführung auszeichnen. Vom Hauptstamm der akustischen Reihe zweigt sich in mehreren Arbeiten ein Ast „Über die Schwingungen von Luftplatten“ ab, der ihn eine lange Zeit des Wachstums beschäftigt zu haben scheint, bis er ihn nach langer Unterbrechung durch die Hauptarbeiten des optischen Cyclus im Jahre 1873 theoretisch und experimentell erschöpfend erledigt.

Mittlerweile hatte er sich im Jahre 1866 durch seine Verheiratung mit der ältesten Tochter Bertha des Hamburger Kaufmanns Kelting ein behagliches Heim und eine bleibende Stätte reichsten und anregendsten Familienglückes gegründet.

1867 habilitierte er sich dann an der Berliner Universität und wurde schon im Jahre darauf an das Polytechnikum in Zürich als Nachfolger von Clausius berufen. Schon 1870 folgte er Letzterem weiter an seine Stelle in Würzburg, da derselbe der Berufung nach Bonn Folge geleistet hatte. Aber auch in Würzburg war seines Bleibens nicht lange. Im Jahre 1872 nämlich wurde er als der Würdigste erlesen, an der glanzvollen Wiederaufrichtung der Universität Strassburg, als einer ruhmreichen Mark deutscher Wissenschaft im wiedergewonnenen deutschen Lande mitzuarbeiten. — So war er im Fluge auf der Höhe seiner Wirksamkeit angelangt. Denn hier, wo er sich dem eigensten Wunsch und Zweck die Wirkungsstätte, das noch heute mustergültige Strassburger Institut, erbauen und einrichten konnte; hier, wo ihm in den Jahren grösster aufstrebender Lebensfrische und unverbrauchtester schöpferischer Kraft unbeschränkt die Mittel zu Teil wurden, in materieller wie ideeller Hinsicht aus dem Vollen heraus zu wirtschaften; hier war das Feld, wo der ganze Mann in seinen unvergleichlichen Fähigkeiten zu forschen, zu lehren, Liebe und begeisterte Verehrung zu säen, zur vollen Geltung gelangte.

In wissenschaftlicher Beziehung war seine Übersiedelung nach Würzburg in gewissem Sinne ein Wendepunkt. Denn von dort-

her fing er an, die Reihe der grundlegenden Arbeiten „Über anomale Dispersion“ in die Welt zu senden und so den zweiten grossen Cyclus zu eröffnen, der seinen Namen für alle Zeit mit der Optik verknüpft, wie ihn der erste unsterblich der Akustik einverleibt hat.

„Schon seit lange bemüht“, so sagt er in einer der ersten dieser Arbeiten, „das sämtliche vorliegende Material über die Körper mit Oberflächenfarben unter einheitliche Gesichtspunkte zu bringen, hatte ich mir bereits vor Jahren bestimmte Vorstellungen über die optischen Eigenschaften dieser Körper gemacht“. Diese besonders durch die Cauchy'schen Theorien angeregten Vorstellungen erschauten einen bestimmten Zusammenhang zwischen Oberflächenfarbe, Absorption und Dispersion. Sie sind nun das leitende Princip, welches seiner Meisterhand den Weg zeigt zu der grossen Fülle von Entdeckungen, die wir jetzt zu betrachten haben.

Zunächst setzten sie die Überzeugung in ihm fest, dass Körper, welche, wie viele Anilinfarben, sogenannte Oberflächenfarben zeigen, eine anomale Dispersion besitzen, d. h. dass sie die Farben in einer von der gewöhnlichen abweichenden Folge brechen müssten. Für Metalle setzten die Theorien von Cauchy und anderen, gestützt auf die schönen Versuche von Jamin über Metallreflexion, eine solche anomale Dispersion voraus. Sie war auch bereits durch Arbeiten von Quincke zu bestätigen versucht worden.

Kundt hatte an Substanzen mit Oberflächenfarben schon vor längerer Zeit vergeblich nach einer experimentellen Bestätigung seiner theoretischen Überzeugung gesucht. Als nun im Jahre 1870 Christiansen in Kopenhagen beim Fuchsin wirklich anomale Dispersion fand, nahm auch Kundt seine Versuche wieder auf und wies nun bald an einer ganzen Reihe von Substanzen mit Oberflächenfarben das erwartete Verhalten nach. Er zeigte, dass ein weisser Lichtstrahl, den man durch ein Prisma solcher Substanzlösungen spektral zerlegte, nicht die gewöhnliche Farbenfolge des Regenbogens ergab, sondern eine andere, beispielsweise grün-blau-rot, wo grün am wenigsten, rot am stärksten abgelenkt war.

Es handelte sich hier um die Untersuchung von farbigen und meist sehr undurchsichtigen Lösungen. Auf sehr geschickte Art wurde Kundt dieses erschwerenden Umstandes Herr. Indem er

zwei Glasplatten unter einem Winkel von ca. 25° geneigt auf einander drückte und in die feine Schärfe des so entstandenen Hohlprismas einen Tropfen seiner zu untersuchenden Substanz brachte, gewann er prismenförmige Schichten, die in ihrer kapillaren Spitze, wenn auch oft nur auf Haaresbreite, durchsichtig waren und im Spektralapparat von einem geübten Auge beobachtet werden konnten. — Klassisch geworden ist die Methode der gekreuzten Prismen, durch welche es ihm gelang, die Erscheinung über allen Zweifel erhaben festzuhalten und zu beobachten: Durch ein horizontal gestelltes, normal dispergierendes Glasprisma oder durch ein Gitter denke man sich zunächst ein vertikales Spektrum erzeugt. Schaltet man jetzt ein zweites normales Prisma gekreuzt zu dem ersten in den Strahlengang ein, so wird jede Farbe noch einmal nach Massgabe ihrer Brechbarkeit in der Horizontalebene abgelenkt. Das Spektrum wird alsdann eine hyperbolische Kurve darstellen, da ja die normale Brechbarkeit vom Rot zum Violett hin stetig zunimmt. Ist das zweite Prisma aber anomal dispergierend, so ist die Form der resultierenden Spektralkurve eine ganz andere, der veränderten Brechbarkeit der Farben entsprechende. Das Spektrum zeigt jetzt mehrere Hyperbeläste untereinander, einer von dem andern getrennt durch eine der Absorptionsbanden der betreffenden Lösung.

Mit Hülfe dieses Experimentierprinzips, hier des „experimentum crucis“ im wahrsten Sinne des Worts, wie es W. v. Bezold geistreich nennt, stellte Kundt eine Reihe der bedeutsamsten Gesetzmässigkeiten fest. Als wichtigstes, allgemein gültiges Gesetz spricht er schliesslich auf Grund seines reichen Beobachtungsmateriales, sowie seiner theoretischen Anschauungen aus, dass alle absorbierenden Substanzen, ohne Beschränkung auf das Gebiet der optisch wahrnehmbaren Strahlen, rechts und links von ihren Absorptionsstreifen mehr oder weniger ausgeprägte Dispersionsanomalien im Sinne der von ihm nachgewiesenen besitzen. Dieses, später von Sellmeyer, Helmholtz und anderen auch deduktiv abgeleitete Resultat bestätigte er bald noch für ein von ihm dargestelltes Kobaltglas, sowie für den glühenden Natriumdampf.

Mehr und mehr hatten sich so mit den entdeckten Thatsachen seine theoretischen Anschauungen geklärt. Die schöne Abhandlung im Jubelband von Poggendorff's Annalen „Über einige Beziehungen zwischen Dispersion und Absorption des Lich-

tes“, in welcher er die letzteren niedergelegt hat, enthält durch ihre Schlussfolgerungen zugleich die theoretische Disposition zu einigen der nächsten Arbeiten. Es folgt z. B. aus seinen Anschauungen, dass der Dichroismus, jene Erscheinung, dass manche doppelbrechende Substanzen verschiedene Färbung des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles zeigen, eine allgemeine, höchstens quantitativ schwankende Eigenschaft doppelbrechender Substanzen sein müsse. In der That findet er dementsprechend, dass Cautschouc und Guttapercha dichroitisch werden, sowie man sie durch Dehnung doppelbrechend macht. Das wichtigste Resultat aber, welches er aus seinen theoretischen Anschauungen folgert und durch das Experiment bestätigt, ist das unter dem Namen der Kundt'schen Regel bekannte Gesetz. Nach ihm erscheint der Absorptionsstreifen einer gelösten Substanz um so weiter nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums verschoben, je grösser der Brechungsexponent oder die Dispersion des Lösungsmittels ist.

Vorübergehend sehen wir ihn dann die Optik wieder verlassen. Wie denn überhaupt auch jetzt sein vielgeschäftiger Geist zugleich auf den verschiedensten Gebieten gesegnete Ernten einbringt. Mit Warburg zusammen hat er in dieser Zeit die kinetische Gastheorie zu fruchtbaren Versuchen „Über Reibung und Wärmeleitung der Gase“ ausgebeutet. In diese Periode fällt auch die oben bei der akustischen Reihe besprochene Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen des Quecksilberdampfes. — Jetzt giebt er höchst sinnreiche Apparate an zur Demonstration der Reibung in einem sehr verdünnten Gase und zur Demonstration des verschiedenen Wärmeleitungsvermögens der Gase. Dann untersucht er den Einfluss des Druckes auf die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten. Mit seinem ganzen Geschick geht er, an der Hand der Anschauungen Maxwell's über die Konstitution zähflüssiger Körper, an die Untersuchung der in solchen bewegten reibenden Flüssigkeiten auftretenden Doppelbrechung. Die Doppelbrechung beschäftigt ihn dann überhaupt einmal längere Zeit, wie es scheint wieder im Anschluss an seine theoretischen Vorstellungen vom Mechanismus der optischen Erscheinungen, und führt ihn unter anderem zu krystalloptischen und krystallographischen Untersuchungen. So studiert er das interessante Verhalten des Quarzes im elektrischen Felde, lehrt die Töpler'sche Schlierenmethode zum Nachweis von Verwachsungen im Quarz verwenden

und findet eine jetzt sehr viel verwertete Methode zur Untersuchung der sogenannten Thermo-, Aktino- und Piëzoelektrizität der Krystalle. Unter dem Einfluss von Wärme- und Lichtstrahlen, sowie durch starke Pressungen treten bei einigen Krystallen elektrische Ladungen auf. Um die entstehenden elektrischen Verteilungen bei diesen Vorgängen sichtbar zu machen, lehrte Kundt solche elektrisierten Krystalle durch ein engmaschiges Baumwollnetz hindurch mit dem von den Lichtenberg'schen Figuren her bekannten Gemisch von Mennige und Schwefelpulver zu bestreuen Indem sich die Pulverteilchen an der Baumwolle reiben, werden die Mennigeteilchen positiv elektrisch und haften nur an den negativ geladenen Krystallflächen. Die Schwefelteilchen verhalten sich in elektrischer Hinsicht entgegengesetzt und haften nur an den positiven Flächen. Positiv und negativ geladene Stellen werden so ohne Weiteres durch die gelbe und rote Farbe des haftenden Pulvers unterschieden.

Unterdessen hatte er die Vorbereitungen beendet, welche seinen theoretischen Gedankengang in direkter Linie weiterführen sollten. Nur dem experimentellen Wagemut eines Kundt konnte es verlockend und möglich erscheinen, die anomale Dispersion an den Metallen durch direkte prismatische Zerlegung nachzuweisen und so auch ihre theoretisch äusserst interessanten Brechungsindices einwandsfrei zu bestimmen. Dieser Gedanke führte ihn zu dem Bedürfnis, feine keilförmige, dabei hinlänglich durchsichtige Metallschichten auf Glas niederzuschlagen, wie er sie zu solchen Messungen bedurfte. Welche Ausdauer und geradezu staunenswerte Geduld er bei seinen Arbeiten anwandte, das mag hier an einem Beispiel erläutert werden. Mehr als 2000 Metallspiegel fertigte er an, bis er das, was er wollte, erreichte. So gelang das grosse Werk in der That. Ja, er bestimmte nicht nur die Brechungsindices und die Grössenordnung der Dispersion der Metalle an sich, sondern er bestimmte sogar die Änderung derselben, also die Änderung der Lichtgeschwindigkeit in den Metallen mit der Temperatur. Er entdeckt durch diese Versuche einen höchst interessanten Parallelismus dieser Lichtgeschwindigkeiten der Metalle mit ihrem Wärme- und Elektrizitätsleitungsvermögen.

Für die Folge wird, neben seinen auch hier überall wieder zu erkennenden theoretischen Überzeugungen, diese soeben erworbene Fertigkeit in der Herstellung von feinen Metallnieder-

schlägen das äussere Band, welches seine letzten Arbeiten verbindet. Er findet so im Anschluss an die Kerr'schen Entdeckungen die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene in Eisen, Kobalt und Nickel; weist in Metallschichten, welche er sehr geschickt durch Zerstäuben einer Kathode herzustellen weiss, Doppelbrechung nach, ohne freilich eine befriedigende Erklärung finden zu können. Noch eine grosse That bleibt zu erwähnen, welche er in Gemeinschaft mit Röntgen vollbrachte: er fand, woran sich eines Faraday unwiderstehliches Experimentiergeschick freilich mit unvollkommeneren Mitteln vergebens gemüht hatte, die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes in Gasen.

Seine letzte Arbeit behandelt das Hall'sche Phänomen in Eisen, Kobalt und Nickel.

Meine Herren! Nur in grossen Umrissen habe ich es versuchen können, Ihnen die Übersicht zu geben über die schier unerschöpfliche Fülle von eigenartigen, fruchtbringenden Gedanken, welche diesem bewunderungswürdigen Lebenswerk zu Grunde liegen.

Man ist versucht zu glauben, dass ein Mann, der soviel vollendete, ein abgeschlossenes, nur seiner Wissenschaft gewidmetes Leben habe führen können. In Wirklichkeit konnte man keinen lebensfrischeren, lebensfroheren Menschen finden, als es Kundt gewesen ist. Nicht nur, dass er Zeit fand, in ausgiebigster Weise, mit der ihm in allen Dingen eigenen Sorgfalt und Gründlichkeit den repräsentativen Pflichten seines Berufs nachzukommen; — er bekleidete z. B. im Jahre 1877/78 das Rektorat der Strassburger Universität, ohne dass es seine Produktivität irgend beeinflusste; — nicht nur, dass er allen Fragen der Kunst und des Lebens das regste Interesse, wie das geübteste Verständnis entgegenbrachte; auch für des Lebens heitre Seite, für gesellige Freuden hatte er ein gar bereitwilliges liebenswürdiges Verständnis. Er war eine von den Naturen, wie Goethe und Bismarck, bei denen man immer wieder zu fragen gezwungen wird, woher ihnen die Kraft und die Zeit kam, so ganz im Leben zu stehen und zugleich so unendliche Fülle gewichtiger Arbeit zu schaffen. Das gilt wenigstens für

seine Strassburger Zeit. Denn als er im Jahre 1888 an Helmholtz' Stelle die Leitung des Berliner Institutes übernahm, und sich ihm dadurch die Pflichten des Amtes und des Lebens ins Ungemessene steigerten, da wurde es auch seiner unverwüstlich geglaubten Kraft zu viel. Nicht dass man ihn jemals müde gesehen hätte. Eher ging er zu Grunde, als dass er eine Pflicht versäumte oder auch nur leichter nahm. Aber das Herzleiden, welches er seit seiner Studienzeit ohne besondere Beschwerde mit sich herumgetragen hatte, steigerte sich jetzt mehr und mehr. Im Wintersemester 1893/94 fiel der bisher so jugendfrische Mann erschrecklich zusammen. Mit äusserster Anstrengung versah er die Pflichten seines Amtes, die durch das Dekanat, welches er bekleidete, noch gesteigert auf ihm lagen, bis zum Schluss des Semesters. Der Urlaub, den er endlich auf Drängen seiner Angehörigen und Freunde nahm, schien ihm auf seinem Landsitz Israelsdorf bei Lübeck die alte Kraft wiederzugeben. Schon ging die Kunde seiner Genesung durchs Land; da schloss ihm am 21. Mai 1894 im Alter von erst 56 Jahren eine Herzlähmung für immer die Augen.

Was mit ihm starb an wissenschaftlicher Bedeutung, das habe ich Ihnen oben zu zeigen versucht. Und doch ist diese Seite der Thätigkeit des seltenen Mannes vielleicht die kleinste im Vergleich zu dem, was er als Lehrer gewirkt und gesäet hat. Als er im Jahre 1893 das 25jährige Docentenjubiläum beging, da sandten an hundert seiner Schüler, darunter schon heute solche mit grossem Namen, eine ganze Generation von Physikern, die ihn als ihren Lehrer verehrt, aus aller Herren Ländern ihren begeisterten, glückwünschenden Gruss. Nicht lange darauf, da standen sie trauernd an seinem Grabe.

Die beispiellose Befähigung zu dem hohen Amte eines anregenden, begeisternden Lehrers beruhte bei Kundt einmal auf der Klarheit seines wissenschaftlichen Empfindens, lag aber dann vor allem in seinem persönlichen Wesen aufs Tiefste begründet. In wissenschaftlicher Hinsicht war ihm lebendige Anschaulichkeit der Naturvorgänge und ihrer Erklärungen innerlichstes Bedürfnis. Darum war er auch in seinen Lehren stets so anschaulich und verständlich. Theoretiker in dem modernen, mathematisch abstrakten Sinne war Kundt wohl nicht in hervorragender Weise. Er war es um so mehr in dem Geiste Faraday's, im Sinne fein-

fühlig intuitiver Erkenntnis der Erscheinungen. Unübertroffen ist seine Fähigkeit, schwierige mathematische Theorien zu percipieren und in Anschauung und Wirklichkeit zu übertragen. Wie seine geschickte Hand ihm dabei half, das trug nicht wenig auch zu seinem Ruf als Lehrer bei. Denn hier ist er von den Klassikern der exakten Forschung einer der allerersten, und seine Arbeiten und Versuche sind eine vollendete Ästhetik des Experimentes.

Vor allem aber — und das war für seine Lehrerfolge wohl das Bestimmendste — war Kundt eine ausgeprägte Persönlichkeit durch und durch, frei und harmonisch aus sich heraus entwickelt und darum wie einer feinfühlig begabt, in seinen Schülern die Eigenart zu verstehen und zur vollen Entfaltung zu wecken. Diese seine frische, markige Persönlichkeit wirft er in die Wagschale, wo er anpackt und wo er Interesse gefasst hat. Darum ist durch Dick und Dünn seiner gewiss, wem er einmal seine Neigung zugewendet hat. Darum auch sind seine Arbeiten so ganz und gar aus einem Guss, herausgeboren aus der Kraft echtester Begeisterung für die Sache.

Nur wer selbst begeistert denkt und lebt, vermag andre zu begeistern. Also begeistert hingen seine Schüler gefesselt an seinen beredten Lippen, wenn er sie mit der ihm eignen Kraft und Klarheit in die Lehren seiner Wissenschaft einführte. Und so drängten sie sich begeistert, ihn zu schauen, wie er mit seiner unfehlbaren Hand im Experiment die Natur zu reden zwang. Wenn er so mit ihnen, als einer von ihnen sass im ernsten Zwiegespräch, so war jedes Wort, welches er sprach, ein Evangelium, das man sich aufbewahrte zur Wegzehrung ins Leben hinaus. Nicht in wissenschaftlichen Fragen allein war er ihr treuer Helfer. Auch als Freund und väterlicher Berater hatte er für jeden in allen Dingen das rechte Wort. Weil er es so trefflich verstand, mit den jungen Leuten menschlich, auch in ihren Schwächen zu empfinden und jedes einzelnen Eigenart zu beachten, darum hatte ein jeder zu ihm das unbedingteste Vertrauen, ob er auch mit rückhaltloser Offenheit seine Meinung aussprach.

Überhaupt waren Wahrhaftigkeit bis zur rücksichtslosen, festen Meinungsäusserung über jedermann und vor jedermann, und dementsprechend freies, offenes Ausspielen seines inneren Menschen, die Grundpfeiler dieses Charakters. Frisch und frei in seinem

Lieben, wie in seinem Hassen, so gab er und warb er keine Gunst, wohin ihn nicht aufrichtiger Herzenswunsch und Neigung trugen. Aber darum hatte er doch überall gerade die Besten zu echten, treuen Freunden. Denn er war ja selbst der Besten und Edelsten einer, die je gelebt.

Seinem Gedächtnis die Ehre!

Alkaloid der Rinde der Rabelaisia philippinensis.

Von I. Rosenthal.

(Vorgetragen in der Sitzung am 8. Juli 1895.)

Herr Rosenthal berichtet über die Untersuchung der Rinde von Rabelaisia philippinensis, über deren physiologische Wirkung er schon früher (Sitz.-Ber. 1894. S. 96) Mitteilung gemacht hat. Die pharmakognostische Untersuchung wurde von Herrn Apotheker Dr. Weigt im hiesigen botanischen Institut unter Leitung des Coll. Reess, die chemische Untersuchung von demselben Herrn im Laboratorium des physiologischen Instituts vorgenommen. Das Material zu letzterer stammt wiederum aus einer Sendung des Herrn Hofrat Dr. A. B. Meyer in Dresden. Der im Nachstehenden beschriebene alkaloidartige Körper hat ganz dieselben physiologischen Wirkungen wie der wässrige Rindenextrakt. Andre physiologisch wirksame Körper konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Eingeborenen der Philippinen bedienen sich neben anderem auch eines Pfeilgiftes, das sie sich durch Auskochen einer Rinde und Eindampfen des wässrigen Extraktes darstellen.

Bis 1893 wurde Antiaris toxicaria für die Stammpflanze dieser Rinde gehalten, dann zeigte A. Lober in Manila, dass es ein zu der Familie der Rutaceae gehörender Baum ist, der schon 1837 von Blauco in seiner Flora de Filipinas als Lunasia amara Blauco beschrieben wurde; Planchon nannte ihn 1845 Rabelaisia philippinensis, und Miquel in seiner Flor. indico-batav. 1859 Mytilococcus Zolling. Der Baum soll auf sämtlichen Philippinen anzutreffen sein und mit Vorliebe Kalkfelsen sich zum Standort auswählen. Die Rinde lässt schon mit blossem Auge drei Schichten erkennen, eine Korkschicht, eine primäre und eine sekundäre Rindenschicht; namentlich die letztere, der Bast, ist der Sitz des Giftes, sie enthält etwa 30mal so viel wirksames Prinzip als die primäre Rinde.

Das wirksame Prinzip, ein alkaloidähnlicher Körper, ist leicht in Alkohol, kaltem und warmem Wasser löslich und wird selbst durch anhaltendes Kochen in wässriger Lösung nicht verändert.

Man kann das Alkaloid auf folgende Weise in ziemlich reinem Zustande erhalten: Die Rinde, besonders der Bast, wird mit heissem Wasser erschöpft, und der Auszug nach dem Filtrieren im Wasserbade zur Extraktdicke eingedampft. Dieses Extrakt, das nach seiner Bereitungsweise dem Pfeilgift der Negritos entsprechen würde, wird mit 96⁰/₀igem Alkohol behandelt, in dem das Alkaloid in Lösung geht; hierauf wird filtriert, und aus dem Filtrat der Alkohol verjagt; es bleibt ein gelblicher Rückstand zurück, der mit warmem Wasser ausgezogen wird, in welchem das Alkaloid in Lösung geht. Man schüttelt nun nach dem Filtrieren die wässrige Lösung mit Amylalkohol aus, der das Alkaloid sowie etwas harzartige Stoffe aufnimmt, verjagt dann den Amylalkohol und behandelt den gelblichgrünen Rückstand mit wenig Wasser, in dem nur das Alkaloid, nicht aber das Harz sich löst. Die so erhaltene wässrige Alkaloidlösung gibt mit Kaliumwismuthjodid, Phosphormolybdänsäure, Gerbsäure und Kaliumquecksilberjedid charakteristische Färbungen, beim Eindampfen lässt die Lösung das Alkaloid als farblose, durchsichtige, amorphe Masse zurück.

Neben diesem wirksamen Körper findet sich in der Rinde noch eine unwirksame, den Terpenen nahestehende Substanz vor. Man erhält dieselbe, indem man den mit Wasser erschöpften Bast mit Alkohol behandelt. Beim vorsichtigen Eindampfen lässt dann der alkoholische Auszug Krystallnadeln ausschiessen, die auf dem Filter gesammelt und durch Umkrystallisieren aus heissgesättigter alkoholischer Lösung gereinigt werden können. Der lufttrockene Körper stellt ein weisses, spezifisch leichtes, krystallinisches Pulver dar ohne Geruch und Geschmack, das in Wasser, Säuren und Alkalien unlöslich ist, leicht löslich dagegen in Äther, Alkohol, Benzin, Chloroform und Amylalkohol.

Von anorganischen Verbindungen enthält die Rinde hauptsächlich Kalk- und Magnesiumverbindungen neben Kalium- und Natriumverbindungen als Chloride, Sulfate und Phosphate; das Calcium in grosser Menge auch als Oxalat.

Der Kalk- und Magnesiareichtum der Rinde erklärt sich daraus, dass nach einer Beobachtung von A. Loher in Manila der Baum sich mit Vorliebe Kalkfelsen, jedenfalls Dolomitbildungen, als Standort auswählt.

Über die Bestimmung der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft nebst Bemerkungen über die Dissoziation von Bikarbonatlösungen.

Von I. Rosenthal.

(Vorgetragen in der Sitzung am 8. Juli 1895.)

Im Jahre 1890 habe ich einen, hauptsächlich für hygienische Zwecke bestimmten Apparat zur Bestimmung der CO_2 in der Zimmerluft construiert, über welchen Herr Ernst Marquardsen[1]) und Herr Adolf Pracht[2]) in ihren Dissertationen, sowie Herr Oskar Schulz[3]) in einem Vortrag in der physikalisch-medizinischen Gesellschaft berichtet haben. Der Gedanke, welcher dem Apparat zu grunde liegt, ist derselbe, welcher in den sogenannten minimetrischen Verfahren der Herren Lunge und Zeckendorf verwendet wird. Es soll nämlich diejenige Luftmenge gemessen werden, in welcher eine bestimmte Menge CO_2 enthalten ist. Zu diesem Zwecke wandten die Herren Lunge und Zeckendorf statt des von Herrn v. Pettenkofer benutzten Barytwassers mit Phenolphtalein rot gefärbtes Natriumkarbonat an. Beim Durchleiten einer CO_2-haltigen Luft durch eine Lösung dieses Salzes wird dasselbe in Bikarbonat verwandelt, wodurch die Färbung verschwindet.

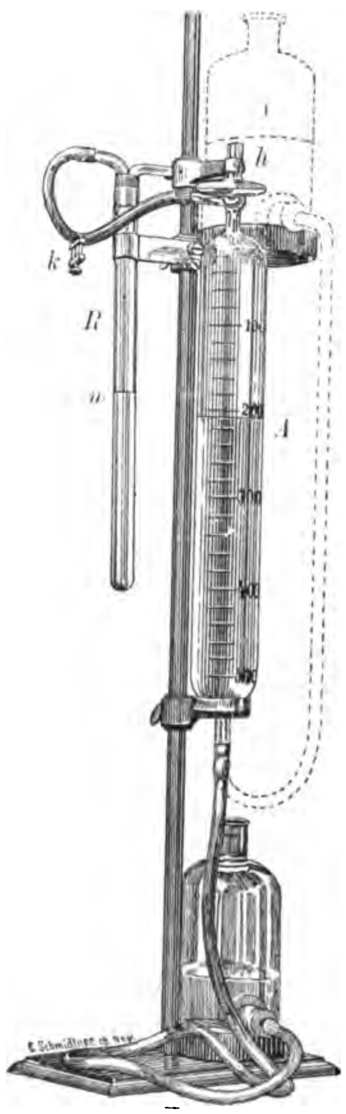
Das Verfahren der Herren Lunge und Zeckendorf ergibt sehr ungenaue Werte aus mehreren Gründen. Erstens ist die Messung der zum Entfärben erforderlichen Luftmenge, welche mittelst eines kleinen Kautschukgebläses durch die Karbonatlösung getrieben wird, eine sehr ungenaue; zweitens ist die chemische Bindung der CO_2 beim Durchströmen der Luftblasen durch die

1) Über einen neuen Apparat zur Bestimmung der Kohlensäure in der Zimmerluft. Inaugural-Dissertation. Erlangen 1890.

2) Die minimetrische Bestimmung des Kohlensäuregehalts der Zimmerluft. Inaugural-Dissertation. Erlangen 1891.

3) Oskar Schulz, Münchner med. Wochenschrift. 1891. S. 641.

Flüssigkeit keine vollständige, wenn nicht ganz besondre Vorsichtsmaßregeln getroffen werden.



Ich gab deshalb, um diese Fehler zu vermeiden, die Karbonatlösung in ein hohes und enges Glasgefäß R und ließ die Luft in sehr kleinen Bläschen durch dieselbe streichen. Man erreicht dies letztere, wenn man die Luft durch ein unten sehr verengtes Glasröhrchen, das fest an den Boden des die Lösung aufnehmenden Gefäßes angedrückt wird, eintreten lässt. Zur Absaugung verwandte ich einen Aspirator in Gestalt eines Glascylinders (A) von etwas mehr als 500 cm³, welcher in Abteilungen von je 20 cm³ geteilt ist. Man füllt diesen Cylinder, indem man eine, mit dem unteren Ende des Cylinders durch einen Kautschukschlauch verbundene, mit Wasser gefüllte Flasche F so hoch aufstellt, dass das Wasser in den Glascylinder hinüberläuft und in derselben bis zu dem an seinem oberen Ende befindlichen Nullpunkt der Teilung steigt. Die Luft entweicht dabei durch den oben angebrachten Dreiwegehahn h, welcher so gestellt wird, dass die Communication nach oben frei ist. Jetzt dreht man den Hahn um 90⁰, so dass der Aspirator mit dem Saugschlauch des die Karbonatlösung enthaltenden Rohrs R communicirt, und bringt die Flasche aus der Stellung F_1 in die Stellung F. Das Wasser fließt aus dem Glascylinder ab und saugt Luft nach, welche in kleinen Bläschen durch die Karbonatlösung

streicht; die Geschwindigkeit kann man durch die Schraubenklemme k reguliren. Wenn die Lösung entfärbt ist, hebt man F so weit, dass das Wasser in der Flasche und dem Cylinder in gleichem Niveau steht, und liest das Volum des abgelaufenen Wassers ab.

Je nach dem CO_2-gehalt der zu untersuchenden Luft muss man verschieden starke Karbonatlösungen verwenden. Bei den Analysen von Zimmerluft, deren CO_2-gehalt in der Regel zwischen 0,04 und höchstens 0,1 % liegt, benutzt man am besten eine $^1/_{1000}$ Normallösung des Salzes, von welcher man 20 cm^3 in das Absorptionsgefäß gibt. Diese 20 cm^3 nehmen in unseren Absorptionsgefäßen eine Höhe von ungefähr 12 cm ein, welche noch etwas steigt, wenn man das Röhrchen, durch das die Luft eintritt, in die Flüssigkeit senkt. Dieses Röhrchen ist aus einem unten capillar ausgezogenen Thermometerrohr gefertigt und hat einen Durchmesser von 5 mm. Diese beträchtliche Höhe der Flüssigkeitssäule, durch welche die kleinen Bläschen streichen, ist notwendig, um eine sichere Bindung aller CO_2 zu gewährleisten. Wendet man statt 20 cm^3 einer $^1/_{1000}$ Normallösung 5 cm^3 einer $^1/_{250}$ Normallösung an, so ist die Absorption der CO_2 eine unvollkommene; man erhält Entfärbung erst nach Durchgang einer größeren Luftmenge, obgleich doch die absolute Menge des in der absorbirenden Lösung enthaltenen Karbonats in beiden Fällen die gleiche ist. Ebenso wichtig ist, wie schon bemerkt wurde, dass die Luft durch eine sehr enge Öffnung in die Karbonatlösung eintritt. Um eine passende Öffnung zu erhalten, wird das zur Capillare ausgezogene Thermometerrohr zugeschmolzen und an dem etwas verdickten Ende durch vorsichtiges Abschleifen wieder eröffnet. Der Apparat funktionirt gut, wenn beim Ansaugen durch den Aspirator die Luft in einer großen Zahl sehr feiner Bläschen aufsteigt, welche während des Aufsteigens vollkommen getrennt bleiben und eine Art singenden Geräuschs erzeugen.

Ein Mangel des Verfahrens besteht darin, dass die Färbung der Karbonatlösung, welche anfänglich tief violettrot ist, beim Durchleiten der CO_2-haltigen Luft ganz allmählich blaß wird, so dass es schwer ist, genau den Moment des vollkommnen Verschwindens jeder Färbung anzugeben. Wenn man bei querer Durchsicht durch das schmale Absorptionsgefäß gar keine Färbung mehr erkennt, dann erscheint sie noch deutlich rot, wenn

man sie schräg von oben her ansieht, also eine dickere Schicht betrachtet. Diese Schwierigkeit hat Herrn Regierungsrat Ohlmüller veranlasst, dem Apparat eine etwas andere Einrichtung zu geben, welche von Herrn M. Müller beschrieben worden ist[1]). Die Luft tritt in das Absorptionsgefäß durch ein dicht über dem (geradgeschliffenen) Boden eingeschmolzenes Capillarrohr und wird oben durch einen seitlich angeschmolzenen Rohrstutzen abgesogen. Der obere Verschluss wird durch ein auf den abgeschliffenen und etwas eingefetteten Rand aufgedrücktes Glasplättchen gebildet. Dieses Absorptionsgefäß wird, zur Abhaltung von Seitenlicht in eine geschwärzte Hülse eingesetzt; neben ihr steht in einer zweiten Hülse ein mit destillirtem Wasser gefülltes Vergleichsgefäß. Unter beiden wird eine weiße Porzellanplatte angebracht, welche Licht in der Richtung der Axen durch die beiden, vertikal stehenden Gefäße wirft; blickt man von oben auf diese Gefäße, so kann man selbst geringe Grade von Färbung besser erkennen.

Herr Dr. M. Müller hatte die Güte mir auf meine Bitte ein solches Absorptionsgefäß von dem Verfertiger (Paul Altmann in Berlin) schicken zu lassen. Leider muss ich sagen, dass ich es als vollkommen unbrauchbar befunden habe, weil das eingeschmolzene Röhrchen, durch welches die Luft eintritt, viel zu weit ist. Die Luft tritt deshalb in grösseren Bläschen durch die Karbonatlösung und gibt an diese nicht alle CO_2 ab. Ich habe mich hiervon durch Vorlegung einer Barytlösung überzeugt. Ich zweifle nicht daran, dass dieser Fehler bei dem Apparat, welchen Herr Müller benutzt hat, in nur geringem Grade oder gar nicht vorhanden gewesen sein wird. Aber bei dem Exemplar, welches ich erhalten habe, ist er vorhanden. Und dem lässt sich in keiner Weise abhelfen. Wenn bei der von mir gewählten Konstruktion das Röhrchen nicht gut ist, so kann man es leicht verändern; man kann die Öffnung durch vorsichtiges Erweichen in der Gebläseflamme verengern oder, wenn sie zu eng ist, durch Abschleifen weiter machen. Bei der Konstruktion, die Herr Ohlmüller gewählt hat, ist man dagegen ganz in die Hand des Glas-

1) Eine Veränderung des Rosenthal'schen Apparates zur Kohlensäurebestimmung nach Regierungsrat Dr. Ohlmüller. Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte. 1894. S. 418.

bläsers gegeben; ein unbrauchbares Absorptionsgefäß kann man nicht verbessern, man muss es wegwerfen. Es wird auch schwer sein, dem Röhrchen eine so enge Öffnung zu geben, wie sie für eine gute Absorption der CO_2 erforderlich ist, weil die feste Verbindung von Rohr und Gefäß bei zufälliger Verstopfung der Öffnung die Reinigung unmöglich macht. Dazu kommt noch, dass die feste Anpressung des Röhrchens gegen den Boden des Absorptionsgefäßes fortfällt und dass das Gefäß mit seinem eingeschmolzenen Rohr zerbrechlich und teuer ist.

Aus diesen Gründen habe ich versucht, die Vorteile des von Herrn Ohlmüller eingeführten Verfahrens der geraden Durchsicht durch die ganze Länge der zur Absorption dienenden Flüssigkeitssäule mit der von mir benutzten Form der Absorptionsgefäße zu verbinden. Dies ist mir auf folgende einfache Weise gelungen:

Ich ließ mir neue Absorptionsgefäße fertigen, welche an ihrer oberen Mündung beträchtlich (bis zu 5 cm lichtem Durchmesser) erweitert sind. Das Thermometerrohr, durch welches die Luft in die Absorptionsflüssigkeit eintritt, ist in seinem oberen Teil bayonnettartig gebogen, so dass es den Stopfen, mit welchem das Absorptionsgefäß verschlossen wird, weit vom Mittelpunkt durchbohrt, während es in seinem unteren Teil nahe der Wand des Absorptionsgefäßes bis zum Boden desselben hinabreicht. Durch die Mitte des Stopfens ist ein ⊢rohr von Messing gesteckt, dessen obere Mündung durch ein Glasplättchen von demselben Durchmesser wie das Absorptionsgefäß abgeschlossen ist; das Seitenrohr desselben dient zur Absaugung der Luft. So kann man also durch die ganze Länge des Absorptionsgefäßes ungehindert hindurchsehen.

Das so veränderte Absorptionsgefäß steckt in einer Metallhülse zur Abhaltung des Seitenlichts; parallel zu ihm ein Vergleichsrohr in einer gleichen Hülse. Beide sind an dem Träger des Apparats in geeigneter Höhe befestigt und zwar ungefähr in einem Winkel von 50° gegen den Horizont geneigt. Unter denselben ist ein Spiegel, der um 2 gegen einander senkrechte Axen drehbar ist, angebracht, so dass man Himmelslicht oder, wenn abends beobachtet werden soll, das Licht einer Lampe, der Länge nach von unten nach oben durch beide Röhren schicken kann. Die Beobachtung erfolgt von oben, indem man die Augen in pas-

sender Stellung über dem Absorptionsgefäße hält, oder durch einen zweiten Spiegel, der die Bilder der Röhren in irgend eine dem Beobachter bequeme Lage bringt.

Wenn die Luft in zahllosen feinen Bläschen durch die Absorptionsflüssigkeit aufsteigt, so wird letztere vollkommen undurchsichtig. Bei der geneigten Lage der Absorptionsgefäße steigen aber die Bläschen nur an einer Seite an die Höhe, so dass ein Teil der Flüssigkeitssäule durchsichtig bleibt und die Beurteilung der Farbe gestattet. Die Flüssigkeit gerät dabei, wie es ähnlich bei den Pettenkofer'schen Röhren der Fall ist, in eine stetige Circulation, welche für eine vollständige Ausnutzung der in ihr enthaltenen Karbonatmoleküle Gewähr leistet. Auf diese Weise kann man den Moment, in welchem die vollständige Entfärbung eintritt, schärfer bestimmen, als dies früher möglich war.

Als ich mit diesem so abgeänderten Apparate Bestimmungen des CO_2-gehalts der Zimmerluft zu machen unternahm, zeigte sich die folgende, mich anfangs sehr überraschende Erscheinung. War der CO_2-gehalt der Luft etwas größer als normal, etwa 0,66 pro Mille, so trat die Entfärbung prompt ein. Bei geringem CO_2-gehalt aber, etwa 0,4 pro Mille, gelang es überhaupt nicht, vollständige Entfärbung zu erzielen, auch wenn man viele Liter dieser schwach kohlensäurehaltigen Luft durchleitete. Die Erklärung dieses Verhaltens ergibt sich aber, wenn man die Natur der Reaktion, um welche es sich handelt, etwas genauer zergliedert.

Wir haben bei Beginn des Versuchs eine verdünnte Lösung des basischen Natriumkarbonats $CO{ONa \atop ONa}$, welches mit Phenolphtalein rot gefärbt ist. (Auf die Verbindung des Karbonats mit dem Phenolphtalein brauchen wir keine Rücksicht zu nehmen, da sie für unsre weitere Betrachtung gleichgiltig ist). Wir führen CO_2 zu und erwarten, dass es sich mit dem $CO{ONa \atop ONa}$, zu $CO{ONa \atop OH}$ verbinde, welches neutral reagirt und mit Phenolphtalein keine Färbung gibt. Das letztere Salz ist aber dissociirbar. Wir bekommen daher, so lange als die Luftblasen durch die Flüssigkeit streichen, wenn der Partialdruck der CO_2 in der durchstreichenden Luft unter der Dissociationsgrenze liegt, niemals eine vollständige

Bildung von CO^{ONa}_{OH}, sondern nur ein Gemenge beider Salze, so dass keine vollständige Entfärbung eintreten kann.

Die Dissoziationsgrenze ist mit der Temperatur veränderlich. Doch kann hiervon abgesehen werden, da ja die Temperaturen, bei welchen die Versuche angestellt werden, nur innerhalb enger Grenzen zu schwanken pflegen. Da auch der Druck der Luft[1]) nur wenig schwankt, so bleibt für den Partialdruck der CO_2 als fast allein maßgebend der Gehalt an CO_2. Nehmen wir z. B. an, wir hätten eine Luft von 0,5 p. m. CO_2-gehalt, der Druck, unter dem wir arbeiten, sei = 740 mm Hg, dann ist der Partialdruck des $CO_2 = \frac{740}{2000} = 0.37$ mm Hg. Wenn dieser Druck **unter** der Dissoziationsgrenze des CO^{ONa}_{OH} liegt, was, wie schon gesagt, von der Temperatur der Lösung abhängt, so kann niemals alles CO^{ONa}_{ONa} in CO^{ONa}_{OH} übergehen und die Lösung kann nicht entfärbt werden, wie wir es in der That gefunden haben.

Eine solche Lösung sieht für die Betrachtung in dünner Schicht (z. B. bei querer Durchsicht durch das Absorptionsgefäß) vollkommen farblos aus; wenn man sie aber, wie oben beschrieben, mit Hilfe der Spiegel in einer Schicht von 12—14 cm Höhe betrachtet, dann ist sie zwar viel blasser als die ursprüngliche Lösung, die nur CO^{ONa}_{ONa}-molekule enthielt, aber doch deutlich rosenrot gefärbt. Man wird diese Färbung erreichen, wenn gerade so viel CO_2 aufgenommen ist, als dem Dissoziationsgleichgewicht zwischen den in der Flüssigkeit enthaltenen CO^{ONa}_{OH}-molekulen und den Molekulen freier CO_2 entspricht, die in der Lösung als absorbirtes Gas vorhanden sind. So lange man Luft durchstreichen lässt, ändert sich an diesem Verhältnis nichts und darum bleibt auch die Farbe der Lösung unverändert.

---

1) Derselbe ist gleich dem Barometerdruck vermindert um die zum Saugen verwendete Wasserhöhe.

Unterbricht man jetzt den Luftstrom und lässt die Lösung in dem abgeschlossenen Absorptionsgefäss stehen, so ändert sich die Sachlage. Die atmosphärische Luft, welche nicht mehr in Form zahlloser Bläschen die Flüssigkeit durchsetzt, hat fortan keinen Einfluss mehr auf das Phänomen. Wir haben nur noch eine Flüssigkeit, in welcher eine Anzahl von Molekulen $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{ONa}{ONa}$, eine andre Anzahl von Molekulen $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{ONa}{OH}$ und endlich eine Anzahl von Molekulen CO_2 oder richtiger $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{OH}$ vorhanden sind. Alle diese Molekule müssen wir uns in fortwährender Bewegung denken. Da kann es denn nicht fehlen, dass die Molekule $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{ONa}{ONa}$ mit den $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{OH}$-molekulen zusammentreffen und sich zu $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{ONa}{OH}$-molekulen vereinigen. Und das wird erst ein Ende haben, wenn alle basischen $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{ONa}{ONa}$-molekule verschwunden und nur noch neutral reagierende $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{ONa}{OH}$-molekule vorhanden sind. Eine Dissoziation dieser letzteren Molekule kann jetzt nicht wieder eintreten, da der Partialdruck der CO_2 nicht mehr jenen ausserordentlich niedrigen Wert hat wie während des Durchgangs der Luftblasen. Die Folge davon muss sein, dass die blassrote Flüssigkeit farblos wird.

Diese theoretische Folgerung wird durch die Erfahrung vollkommen bestätigt. Die zwar blass, aber doch deutlich rosenrot gefärbte Flüssigkeit wird bei ruhigem Stehen vollkommen farblos. Die Entfärbung tritt sehr langsam ein; sie ist in der Regel erst nach 1—2 Stunden vollendet. Aber noch mehr. Leiten wir durch diese, vollkommen entfärbte Lösung wiederum schwach CO_2-haltige Luft, so wird sie wieder rot, trotzdem wir ihr doch mit der Luft auch CO_2 zuführen. Unterbrechen wir den Luftstrom, so wird sie von neuem farblos, um bei Wiederaufnahme der Lüftung wiederum rot zu werden, u. s. f. so oft es uns beliebt, den Versuch zu wiederholen.

Auf dieselbe Weise erklärt sich auch der folgende Versuch. Ein mit vollkommen entfärbter Lösung gefülltes Absorptionsrohr wird unter Einschaltung einer Woulff'schen Flasche mit konzen-

trierter Schwefelsäure mit einer Bunsen'schen Wasserstrahlpumpe verbunden. Der Druck sinkt auf 720 mm unter dem augenblicklich vorhandenen Barometerdruck (738 mm), beträgt also etwa 18 mm Hg. Aus der Lösung entwickeln sich kleine Bläschen. Wenn man das Gefäss durch Anfassen mit der Hand von aussen her erwärmt, wird das Aufsteigen der Bläschen deutlicher. Nach einiger Zeit fängt die Flüssigkeit an sich schwach zu röten und nach einer halben Stunde ist sie deutlich blassrot, aber nicht so intensiv, wie sie beim Durchsaugen von Luftblasen zu werden pflegt. Bei jenem Druck beginnt also schon die Dissoziation, bleibt aber doch sehr schwach. Die Temperatur war während des Versuchs recht hoch — nahezu 23°. Der Partialdruck der CO_2 muss dabei aber jedenfalls gering gewesen sein, da von dem Gesamtdruck von 18 mm noch die Tension des Wasserdampfs abzuziehen ist.

Man könnte die Dissoziatskonstante genau bestimmen, indem man feststellte, bei welchem Gehalt der durchgeleiteten Luft dieselbe beginnt. Ich habe noch nicht Zeit gehabt, diese mühsamen und zeitraubenden Versuche zu machen. Nur soviel glaube ich für jetzt sagen zu dürfen, dass die Entfärbung eintritt, wenn die Luft mehr als 0.5 p. m. CO_2 enthält.

Für die praktische Benutzung des Apparats zur CO_2-bestimmung in der atmosphärischen Luft ergeben sich aus diesen Erfahrungen gewisse Regeln. Schon bei den Untersuchungen, welche die Herren Schulz, Marquardsen und Pracht mit der alten Form des Apparats angestellt hatten, war es aufgefallen, dass die Entfärbung nicht genau bei derjenigen Luftmenge eintrat, welche man nach dem CO_2-gehalt berechnet hatte. Wenn man als niedrigsten Wert des CO_2-gehalts, der in der atmosphärischen Luft vorzukommen pflegt, 0.33 p. m. annimmt, so sollte die in 20 cm^3 der $^1/_{1000}$ Normallösung enthaltene Menge von Karbonat durch 660 cm^3 Luft gerade in Bikarbonat verwandelt werden. Wir setzten damals voraus, eine so behandelte Lösung müsse farblos sein. Da wir aber bei schräger Durchsicht immer noch einen schwachen Schimmer von Rot sahen, nahmen wir an, zur völligen Entfärbung sei ein gewisser Ueberschuss von freier CO_2 nötig, und wir glaubten in der That diese Entfärbung beim Durchleiten von 1000 cm^3 Luft

erreicht zu haben. Das war aber, wie die jetzige vervollkommnete Beobachtung mit gerader Durchsicht durch die ganze Höhe der Flüssigkeit und Abhaltung allen Seitenlichts zeigt, ein Irrtum. Eine vollkommne Entfärbung tritt weder durch 1000 ccm noch auch durch die doppelte oder dreifache Luftmenge ein. Sie tritt aber auch schon nach dem Durchleiten von nur 660 cm^3 ein, wenn man nur lange genug wartet.

Es wird daher eine neue Prüfung des Apparats in der Richtung vorgenommen werden müssen, welche Regeln für eine genaue Bestimmung der CO_2 gelten. Ich habe diese Prüfung einem der Herren Laboranten im physiologischen Institut übertragen und werde später über dieselbe berichten. Vorläufig kann ich auf grund meiner bisherigen Erfahrungen folgendes sagen.

Ist der CO_2-gehalt der Luft sehr klein, dann tritt, wie wir gesehen haben, überhaupt keine Entfärbung ein. Die Färbung wird nur blasser und nimmt dabei einen Ton an, den man als blassrosenrot bezeichnen kann. Man erhält denselben Farbenton durch hochgradige Verdünnung einer Karminlösung. Wenn man das Vergleichsrohr mit einer solchen Lösung füllt, die denselben Ton hat, wie man ihn beim Durchleiten von CO_2-armer Luft durch die Phenolphtalein-Karbonatlösnng erhält, so kann man diese Tinte ganz gut statt einer farblosen Flüssigkeit zum Vergleich benutzen. Die Karminlösung ist vollkommen unveränderlich; man kann sie deshalb ein für alle Mal in dem verschlossenen Vergleichsrohr lassen. Sie sieht in dünnen Schichten farblos aus und zeigt bei Durchsicht durch die ganze Höhe jeder Schicht jenen blassrosa Ton, den man als Endreaktion benutzen kann[1]).

Ist beim Durchleiten von 500 cm^3 Luft die Karbonatlösung noch nicht entfärbt, aber doch schon erheblich abgeblasst, so dass sie der Karminlösung mehr oder weniger gleicht, so kann man den Kohlensäuregehalt der Luft auf 0.4—0.5 p. m. schätzen. Ist aber

---

1) Die Vergleichung wird noch etwas erleichtert, wenn man die beiden Flüssigkeiten durch ein hellgrünes Glas betrachtet. Die ursprüngliche Phenolphtalein-Karbonatlösung erscheint, durch ein solches gesehen, schwarz, die Karminlösung farblos. In dem Masse, als durch die hindurchgesogene Luft die Karbonatlösung reicher an Bikarbonat wird, wird sie auch durchsichtiger, bis sie schliesslich ebenso hell erscheint wie die Karminlösung.

der Kohlensäuregehalt der Luft grösser als 0.6 p. m., so wird die Lösung farblos, wenn man genug Luft durchsaugt. Treibt man aber das Durchsaugen nur bis zu dem Grade der Entfärbung, welche durch die zum Vergleich dienende Karminlösung dargestellt ist, dann muss man den Kohlensäuregehalt nicht nach der früher angegebenen Formel

$$c = \frac{0.33.1000}{v}$$

berechnen, in welcher v das am Aspirator abgelesene Luftvolum bedeutet. Denn um diesen Grad der Entfärbung zu erzielen, genügen ja bei einem CO_2-gehalt von 0.33 p. m. schon weniger als 1000 cm^3 Luft — wahrscheinlich die theoretisch berechneten 660 cm^3. Die weitere Untersuchung wird lehren, welche Genauigkeit der so abgeänderte Apparat zu erreichen gestattet.

Ueber die Kraft der Kaumuskeln.

Von J. Rosenthal.

(Vorgetragen in der Sitzung am 8. Juli 1895.)

Bekanntlich kann man die Kraft eines Muskels bestimmen, indem man dasjenige Gewicht sucht, welches dem Kontraktionsbestreben des Muskels gerade das Gleichgewicht hält, d. h. dasjenige Gewicht, mit welchem belastet der thätige Muskel gerade dieselbe Länge hat wie der unthätige, aber unbelastete Muskel. Da die Kraft mit dem Querschnitt des Muskels (oder mit der Zahl seiner Fasern) wächst, so pflegt man nach dem Vorgange von Ed. Weber die an einzelnen Muskeln gefundenen Werte auf einen Muskel von 1 cm² Querschnitt umzurechnen und bezeichnet den so berechneten Wert als die absolute Muskelkraft.

Für die Gastroknemien guter Sommerfrösche habe ich auf diese Weise die absolute Kraft zwischen 2800 uud 3000 g gefunden[1]). Für menschliche Muskeln sind analoge Bestimmungen von Ed. Weber (Wadenmuskeln), Henke u. Knorz, Haughton, Koster u. A. gemacht worden, von denen ich besonders die von Henke u. Knorz hervorhebe, weil sie die grössten Werte — 8 bis 9 kg — ergeben haben. Diese Forscher machten ihre Bestimmungen an den Armbeugern junger, kräftiger Männer, bei denen die betr. Muskeln gut geübt waren. Wie gross der Einfluss der Uebung ist, ergibt sich aus einer Vergleichung der Muskeln des rechten und linken Arms. Für letzteren fanden Henke u. Knorz nur 7.38 kg, für den rechten Arm dagegen fast 9 kg.

Es schien mir nützlich, diese Bestimmungen an den Kaumuskeln wiederholen zu lassen und zwar aus folgenden Gründen. Die Kaumuskeln gehören sicherlich zu den geübtesten im ganzen Körper. Sie greifen an einem festen Hebel an, an welchem sich

---

1) Comptes rendus LXIV. 1143 (1867).

die zur Berechnung notwendigen Momente leicht und sicher bestimmen lassen. Dagegen ist freilich die Bestimmung der Querschnitte der mitwirkenden Muskeln sehr schwierig, auch das Gelenk ist insofern ungünstig, als der Unterkiefer bei den verschiedenen Stellungen in der Gelenkpfanne des Oberkiefers gleitet und dadurch den Winkel, unter welchem die Muskeln am Unterkiefer wirken, erheblich verändert.

Ich liess folgenden Apparat anfertigen. An einem vertikalen Träger, der auf dem Tisch befestigt war, war erstens ein fester Bügel angebracht, gegen welchen die Stirn angelegt wurde, zweitens eine horizontale Platte, auf welcher die oberen Schneidezähne fest aufruhten. Auf die unteren Schneidezähne wurde ein metallischer Bügel aufgelegt, dessen unteres Ende mit einem horizontalen Hebel durch ein Gelenk verbunden war. Die Axe des Hebels konnte an dem Träger verschoben werden; mit ihr verschob sich zugleich ein festes Widerlager, gegen welches der Hebel anlag, wenn er sich in horizontaler Lage befand. An einer Skala konnte die Entfernung der Schneidezähne (die Mundöffnung) gemessen werden, welche den verschiedenen Hebelstellungen entsprach. Für jede dieser Stellungen konnte dann durch Auflegen von Gewichten die Belastung gefunden werden, bei welcher durch Anspannung der Kaumuskeln der Hebel eben noch um ein kleines von seinem Widerlager abgehoben werden konnte, oder bei welcher dies eben nicht mehr möglich war.

Der Apparat gestattete Messungen bei Mundöffnungen von 5 bis zu höchstens 40 Millimeter. Es zeigte sich, dass bei diesen extremen Mundstellungen die Kraft um ein kleines geringer war als bei allen dazwischenliegenden, dass diese unter einander aber wenig oder gar nicht von einander abwichen. Da bei verschiedenen Stellungen des Unterkiefers einerseits die Länge der Muskelfasern, anderseits die Winkel, unter denen die Resultante derselben angreift, sich ändern, so folgt daraus, dass beide Arten von Einflüssen sich gegenseitig compensieren. Wir können daher die Einrichtung des Gelenks als sehr zweckmässig bezeichnen.

Die Versuche wurden an 6 verschiedenen Personen angestellt. Die Belastung, welche eben noch gehoben wurde, schwankte zwischen 40 und 50 kg; bei einem einzigen, jungen, sehr grossen und kräftigen Mann erreichte sie den hohen Wert von 60 kg.

Die Umrechnung auf die Querschnittseinheit ergab, unter Berücksichtigung der Hebellängen u. s. w. als absolute Kraft 9—10 kg. Der Wert liegt also noch über dem höchsten von Henke u. Knorz für die geübten Armmuskeln gefundenen. Der Unterschied ist aber nicht gross und das erweckt das Vertrauen, dass für gut geübte Muskeln des Menschen der wahre Wert in der That innerhalb der so bestimmten Grenzen liegt.

Die anatomischen Bestimmungen, welche der Berechnung zu grunde liegen, wurden an einem frischen Präparat gemacht, das von einem gut entwickelten, jugendlichen Individuum stammte. Das Weitere wird Herr Cand. Schröder in seiner Dissertation mitteilen.

Ueber Bau und Entstehung des elastischen Knorpels.

Von

Dr. med. et philos. Arnold Spuler.

Trotzdem sehr viel über den Bau des Knorpels gearbeitet worden ist, kann man doch sagen: von allen Teilen der Mesenchymgruppe ist seine Struktur und Genese am wenigsten bekannt, zum mindesten sind wir von einer einheitlichen Auffassung sowohl der Knorpelarten untereinander, wie des Knorpels mit dem Bindegewebe überhaupt noch weit entfernt. Der elastische oder Netzknorpel, das „elastische hyaline Knorpelgewebe" nach Reichert's Terminologie, ist im Laufe des letzten Vierteljahrhunderts wiederholt Gegenstand mehr oder weniger eingehender Untersuchungen gewesen. Diese Arbeiten wurden alle weniger deshalb unternommen, um an diesem Objekt die Struktur des Knorpels zu eruieren, als vielmehr um die strittige Frage über die Entstehung der elastischen Elemente des Bindegewebes zu beantworten.

Die Einen (H. Müller, Henle, Reichert, Kölliker, Leydig u. A.) nehmen an, dass diese durch Umänderung leimgebender Bindegewebselemente in elastische erfolgte, ohne dass die Zellen aktiv bei deren erster Bildung beteiligt seien. Während die Andern, in verschiedener Weise, eine direkte Teilnahme der Zellen behaupteten (Virchow-Donders, Boll, O. Hertwig, L. Gerlach u. a.)

L. Gerlach[1]) hat diese Controversen eingehend diskutiert, so dass es unnötig ist, an dieser Stelle wiederum die ganze Menge der behaupteten Möglichkeiten darzustellen.

Neben Reichert[2]), der indessen keine näheren Angaben macht, hat nur Rabl-Rückhard[3]) für den Knorpel die Entstehung der elastischen Fasern aus der Intercellularsubstanz behauptet. O. Hertwig, Deutschmann und L. Gerlach sind alle, wenn auch im einzelnen ihre Befunde nicht übereinstimmen,

1) L. Gerlach, Morphol. Jahrb. Bd. 4. 1878. Suppl. p. 87 ff.

2) Reichert, Müller's Arch. Jahresber. f. 1852, p. 95 ff.

3) Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1863, p. 41 ff.

zu der Auffassung gekommen, dass die elastischen Fasern im Knorpel unter direkter Beteiligung der Zellen, was ihre erste Anlage betrifft, entständen. Trotzdem kann die Frage noch keineswegs als gelöst betrachtet werden — schon ein Blick in die neueren Lehrbücher zeigt uns, wie wenig die Ansichten dieser Autoren darin zu der verdienten Würdigung gekommen sind. So lesen wir in der neuesten Auflage von Stöhr's weit verbreitetem „Lehrbuch der Histologie“ über den elastischen Knorpel folgendes: „Er zeigt dasselbe Gefüge wie der hyaline Knorpel, nur ist seine Grundsubstanz von verschieden dichten Netzen bald feinerer, bald gröberer elastischer Fasern durchsetzt. Die elastischen Fasern entstehen nicht direkt aus den Zellen, sondern durch Umwandlung der Grundsubstanz und treten in der Umgebung der Knorpelzellen als Körnchen auf, die späterhin in Längsreihen verschmelzend zu Fasern werden, eine Erscheinung, die indess von anderer Seite als Zeichen des (postmortalen) Zerfalls der elastischen Fasern angesehen wird.“

Bei dieser Lage der Dinge unternahm ich es, einer Anregung meines verehrten Chefs, Herrn Prof. Dr. Leo Gerlach folgend, dem ich für die rege Förderung, die er durch Einsichtnahme der Präparate und Diskutieren der Befunde meinen Untersuchungen zu Teil werden liess, auch an dieser Stelle herzlichst danke, die Entwicklung des Arytaenoidknorpels des Rindes, als eines erfahrungsgemäss günstigen und jederzeit erhältlichen Objekts, einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Ich that dies, ohne mir die Literatur über diese Frage genauer anzusehen, um unbeeinflusst von den Behauptungen früherer Autoren, möglichst objektiv der Frage gegenüber zu stehen.

Meine Untersuchungen beschränkten sich natürlich nicht auf diesen einen Knorpel; ich habe die verschiedensten Knorpel von foetalen, jungen und erwachsenen Tieren und des Menschen mit den verschiedensten Methoden untersucht. Ich werde aber die Auffassung, zu der mich meine Studien geführt haben, in dieser Arbeit nur soweit hervortreten lassen, als es bei den gewonnenen Resultaten über den Arytaenoidknorpel unumgänglich notwendig ist.

Zum Verständnis der Struktur des Netzknorpels sind zweierlei Dinge klarzulegen:

1) Der Bau des hyalinen Knorpels, welcher

2) durch eine bestimmte Anordnung elastischer Elemente in Netzknorpel umgewandelt ist.

Wie die Beziehungen bei diesem Umwandlungsprozess gelegt werden, namentlich was das Verhältnis der Zellen zu den Fasern anlangt, das ist naturgemäss nur durch Einsicht in den Umwandlungsmodus, also in die Genese des Netzknorpels zu ermitteln.

Auch hiebei kommen zwei Momente in Betracht:

1) Wie verwandelt sich der hyaline Knorpel in Netzknorpel und
2) wie entsteht embryonal oder postembryonal aus dem mehr weniger indifferenten Mesenchym Netzknorpel?

Die erste dieser vier Unterfragen ist es, welche, nach meiner unmassgeblichen Ansicht, die Autoren zu wenig berücksichtigt haben, und doch ist ihre richtige Lösung gerade der Angelpunkt, von dem aus sowohl alle die andern Vorgänge leicht verständlich als auch, was wieder für die Richtigkeit der gewonnenen Resultate sehr in Betracht kommt, die Widersprüche in den Angaben der Autoren erklärbar sind.

Eine Auffassung von der Struktur des hyalinen Knorpels überhaupt kann natürlich nur durch weit ausholende Untersuchungen begründet werden. Wollten wir dies an dieser Stelle thun, so würde unser Thema vollständig in den Hintergrund gedrängt und bei dem praktischen Zweck dieser Schrift, endlich über die elastischen Knorpel zu einheitlicher Anschauung zu kommen, wäre dies nicht wohl angängig. Wir werden uns daher möglichst auf die thatsächlichen Befunde bei unserm Objekt beschränken, nur so weit es unbedingt nötig, anderes herbeiziehen. Durch Darstellung der Umwandlung des hyalinen in Netzknorpel lösen wir die zweite und dritte Unterfrage und es bleibt uns dann noch die vierte. Aus äussern Gründen war es mir unmöglich, durch Studium einer Entwicklungsserie diese zu lösen. Indess liegen die Verhältnisse beim neugeborenen Kalb so günstig, dass uns dies eine Objekt zu einer völlig befriedigenden Lösung führt.

Es erübrigt uns noch die Resultate der Autoren, welche über diese Fragen gearbeitet haben, in aller Kürze kennen zu lernen.

Rabl-Rückhard[1]) bestreitet auf Grund seiner Untersuchungen an verschiedenen Stadien des menschlichen und tierischen Ohrknorpels, sowie auch des Arytaenoidknorpels von Kalb

1) Reichert's Du Bois-Reymond's Arch. 1863, p. 41 ff.

und Rind, dass elastische Fasern aus Körnern durch Aneinanderreihung derselben entständen. Nach ihm treten die elastischen Fasern als äusserst zarte, quer den Knorpel durchsetzende, kontinuierliche Gebilde auf. Sie entstehen ohne irgend welchen Zusammenhang mit den Zellen durch lokale Umwandlung der Grundsubstanz.

Die Form der erst gebildeten elastischen Fasern im Ohrknorpel befand O. Hertwig[1]) ebenso, indess führten ihn seine Untersuchungen zu der Ansicht, dass die den Zellreihen stets dicht anliegenden Fasern durch die formative Thätigkeit des Protoplasmas entständen. Nicht unterlassen darf ich es, darauf hinzuweisen, dass O. Hertwig verzweigte anastomosierende Knorpelzellen fand — eine Beobachtung, welche ich, beiläufig bemerkt, beim Ohrknorpel des Neugeborenen bestätigen konnte. In einer spätern Arbeit[2]) hat O. Hertwig, als er bei Pelobates-Kopfknorpeln die Zellen „durch ein System ausserordentlich zahlreicher feinster Kanälchen untereinander verbunden" fand, auf Grund dieser und ähnlicher Beobachtungen den allgemeinen Satz aufgestellt: „dass überhaupt in jedem Knorpel ein System intercellulärer Gänge besteht." (l. c. p. 31.)

Deutschmanns[3]) Resultate schliessen sich eng an Hertwigs an, indess zeigen uns seine Abbildungen, dass er nur wenig richtige Bilder gesehen hat. Aus denselben kann man solche Verhältnisse, wie er sie beschrieben, vermuten, beweisend aber sind derartige Abbildungen nicht. Eine in der Form, wie er es darstellt, falsche Auffassung, dass nämlich die Kapsel ein Teil der Zelle sei, hat ihn, bei der sehr leicht sichtbaren Beteiligung der Kapselzone an dem Entstehungsprozess der elastischen Elemente, zu ganz richtigen, wenn auch etwas unbestimmten Vorstellungen geführt.

Endlich hat L. Gerlach[4]) in eingehender Weise die Frage nach der Genese der elastischen Elemente überhaupt diskutiert und die Frage beim elastischen Knorpel der Lösung einen guten Schritt näher geführt. Er kommt zu folgender Zusammenfassung

---

1) M. Schultze's Archiv Bd. 9, p. 80 ff.

2) M. Schultze's Archiv Bd. 11, Supplement.

3) Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv, 1873, p. 732 ff.

4) Morphol. Jahrb. Bd. 4. 1878, p. 87 ff.

seiner Befunde (l. c. p. 115): „Wenn wir daher die beiden Ansichten, ob die erste Anlage der elastischen Gewebselemente an die Zellen gebunden sei, oder ob sie in der Grundsubstanz stattfinde, gegen einander abwägen, so haben wir auf der einen Seite in der vollständigen Umwandlung von Zellen eine feststehende Thatsache, auf der andern Seite die Hypothese, wonach die in der Grundsubstanz liegenden elastischen Fäserchen in derselben durch lokale Verdichtung entstanden seien, der mit vielleicht noch grösserer Berechtigung die Gegenhypothese gegenüber gestellt werden kann, dass die nun freien elastischen Fäserchen früher als kurze, feine und deshalb schwer zu beobachtende Fädchen der Zelloberfläche anlagen, später jedoch losgelöst wurden. Es ist demnach die Entscheidung zwischen den beiden Theorien unschwer zu treffen; sie wird zu Gunsten der ersteren ausfallen müssen.

In der totalen Metamorphose von Zellen in elastische Substanz haben wir ferner einen Anhaltspunkt, welcher uns darüber aufklärt, dass in den Fällen, bei denen die elastische Anlage nur an einer Stelle der Zelloberfläche auftritt, keine einseitige Ausscheidung, sondern eine Umwandlung eines Teiles des Zellprotoplasmas vorliegt, die, wenn sie nicht auf ein gewisses Mass beschränkt bleibt, schliesslich zum Untergang der Zelle führt.

Die nur an einzelnen Stellen der Zelloberfläche zu Tage tretende elastische Anlage ist ferner noch deshalb von Wichtigkeit, weil sie eine gewisse Analogie zwischen der im Arytaenoidknorpel und im Ohrknorpel vorkommenden Bildungsprozessen herstellt.“ „— es lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass hier die an der Zelloberfläche auftretenden elastischen Körner, anstatt sich wie im Arytaenoidknorpel zu einem annähernd rundlichen Scheibchen zusammenzulagern, eine mehr gestreckte strichförmige Anordnung besitzen. Der Uebergang eines solchen aus Körnchen bestehenden Strichs in eine feine elastische Faser würde ein sehr einfacher sein.“ Durch diese Annahme „erklären sich in befriedigender und ungezwungener Weise die Beobachtungen Hertwigs vom foetalen Ohrknorpel, ferner die nach Schwalbe[1]) in dem Nackenband zu allen Zeiten der Entwicklung nachweisbare innige Anlagerung von Zellen und elastischen Fasern.“

Soviel über den Stand der Frage.

---

1) Zeitschr. für Anat. u. Entwicklungsgesch. Bd. 2, p. 236 ff.

Untersuchungsmethoden.

Frisch wurden dünne Schnitte mit und ohne Zusatz von verdünnter Methylenblaulösung untersucht, auch nach mehrtägiger feuchter Aufbewahrung. Hauptsächlich aber wurde konserviertes Material verwendet. Am Besten erwies sich $^{1}/_{2}$ % Sublimatlösung unter Zusatz von 0,2 % Eisessig und die von O. v. Rath angegebene Picrinsäure-Platinchlorid-Eisessig-Osmiumsäure-Mischung, die im Verhältnis von

Picrinsäure conc. wässrig	50,0
Platinchlorid 1 % wässrig	30,0
Eisessig	0,25
Osmiumsäure 1 % wässrig	6,0

in verschieden langer Einwirkung angewandt wurde.

Wie bekannt, ist der Knorpel ein Gewebe, das sehr leicht schrumpft, es wurden daher ganz dünne Scheiben (ca. 3—4 mm dick) conserviert, um eine möglichst schnelle und gleichmässige Einwirkung der Reagentien zu erzielen, und dann durch jeweilige Ueberschichtung stärkeren Alkohols ganz langsam in Absoluten übergeführt; ganz sorgfältig in analoger Weise in Chloroform gebracht und nach dem Passieren von Chloroform-Paraffingemischen zunehmender Konzentration in Paraffin eingebettet.

Trotz aller Vorsicht war es nicht möglich, Schrumpfungserscheinungen völlig auszuschliessen, später wird hiervon ausführlicher die Rede sein.

Schnittdicken von 3—10 μ erwiesen sich als die geeignetsten.

Teilweise wurden die Schnitte mit Wasser aufgelegt, meist indess mit Wasser auf ganz dünn mit Glycerin-Eiweiss überstrichene Objektträger befestigt.

Gefärbt wurde nur wenig in toto, für die feineren Strukturen des Knorpels gaben für die meisten Punkte nur Schnittfärbungen gute Resultate.

Neben wässriges Kampeche-Alaun-Lösung (wässriges Kampecheholz-Extrakt 30 Teile zu 100 Teilen 2 % Alaunlösung, eine $^{1}/_{4}$ Stunde gekocht und gut filtriert, ein wegen seiner Billigkeit sehr empfehlenswerter Ersatz für reines Alaun-Haematoxylin) wurden namentlich Safranin und Orceïn verwendet; die Vorbedingung ist bei

Safranin Fixierung mit einem Osmiumgemisch, bei Orceïnfärbung ward die scharfe differenzierte Färbung der elastischen Elemente durch Osmiumfixierung beeinträchtigt, dagegen die Struktur des Knorpels in verblüffender Weise klarlegt. Beide Farbstoffe wurden entweder 24 Stunden oder 4—10 Tage einwirken lassen. Im ersteren Falle giebt Safranin (die gebräuchliche Lösung) hauptsächlich Kernfärbung und nur schwache Tingierung der elastischen Elemente, Orceïn prägnante Färbung des elastischen Gewebes. Im zweiten Falle Safranin eine schöne violettrote Färbung der elastischen Teile und etwas mehr hochrote Färbung der Grundsubstanz etc., während bei Orceïn durch tagelanges Ausziehen in Salzsäurealkohol ($^1/_{100}$) die Netze in der Grundsubstanz am besten dargestellt werden konnten; doch ist die Schärfe der erhaltenen Bilder etwas vom Zufall abhängig. Natürlich wurden auch von uneingebettetem conserviertem Material feine Schnitte untersucht, namentlich um über etwaige Schrumpfungsprozesse ein sicheres Urteil zu gewinnen.

Wir wenden uns jetzt der Betrachtung der

Struktur des hyalinen Teiles des Arytaenoidknorpels

zu, wie sie sich beim jungen Rind repräsentiert.

Die Knorpelzellen liegen meist einzeln, nur selten zu Gruppen vereinigt. Der Kern zeigt ein deutliches Chromatinnetz und ein oder mehrere Nucleolen von verschiedener, von ihrer Anzahl mit abhängiger Grösse, über deren Verhalten näheres anzuführen mir nicht geboten scheint.

Ausserhalb des Kernes findet sich ein Klümpchen im Zellprotoplasma, um das gewöhnlich die reichlich vorhandenen Fetttropfen gruppiert sind. Bei dem langsamen Orceïnverfahren färben sich in dem fraglichen Gebilde dunkle Körner genau in dem Farbenton, wie viele der der sogenannten Kapsel anliegenden Körner, — in dem Farbenton, in dem auch die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels, allerdings viel heller, sich färbt. Bei Kampeche-Färbung zeigt sich ein analoges Verhalten, während das Gebilde bei Behandlung mit Alauncochenille ungefärbt bleibt. Oft ist dieses Organ nicht ein Klümpchen, sondern umgiebt mehr weniger weit scheibenartig den Kern, oder auch die Körner erfüllen von dem Organ aus grössere Teile des Zellenprotoplasmas, so dass eine scharfe Abgrenzung dieses eigentümlichen Gebildes unmöglich ist. Bei unserem Objekt indess

sind diese Verhältnisse meist wenig durchsichtig, dagegen beim Gelenkknorpel junger Kälber ganz evident. Dort ist das Organ relativ gross und es zeigen sich sehr viele und auffallend grosse Körner. Bedenken wir, dass wir es eben hier mit Knorpel zu thun haben, dessen Intercellularsubstanz in schneller Zunahme begriffen ist (dadurch, nicht durch eine Vermehrung der Zellen ist ja in erster Linie das postembryonale Knorpelwachstum bedingt), und berücksichtigen wir die oben gegebenen Daten über das anderweitige Verhalten dieser Körner einer-, die Färbbarkeitsverhältnisse der Grundsubstanz andererseits, so liegt die Deutung der Bilder sehr nahe. Ich glaube, dass es sich hierbei um die Bildung der Intercellularsubstanz handelt. Diese würde also in einem bestimmten Organ der Knorpelzelle gebildet, in Form kleiner Körnchen nach aussen transportiert und dort abgeschieden, vermutlich verwandeln sich diese Körnchen dann unter Wasseraufnahme in die Grundsubstanz. In dem fraglichen Organ ist es mir niemals gelungen, Centrosomen mit Sicherheit nachzuweisen, so dass ich es nicht mit Bestimmtheit dem Archoplasma gleichsetzen kann. Näher auf diese Verhältnisse einzugehen, würde mich zu weit vom Thema abführen [1]).

Wir wenden uns der weiteren Betrachtung der Zellen zu.

Bei frischen Präparaten des diesen Ausführungen zu Grunde gelegten Objekts erscheinen die Zellen zumeist der Kapsel anliegend, nicht selten indess sieht man an den Zellen zahlreiche konische, mit ihrer Spitze der Kapsel zugekehrte Zäckchen [2]), in deren Verlängerung diese fein gestrichelt erscheint. Jedoch ist gerade dies nur schwer erkennbar. Die Grundsubstanz erscheint granuliert, aber der Helligkeitsunterschied der einzelnen Teilchen ist an dem Arytaenoidknorpel so gering, dass genaueres über die Struktur derselben nicht zu eruieren ist. Auf dünnen Schnitten von conserviertem Material sieht man die Zellen durch zahlreiche feinste Fädchen mit der „Kapsel“ verbunden. Diese Zellfortsätze stehen im Allgemeinen nicht überall gleich dicht, sondern sind meist an einem Pol, oder auch an zweien, viel zahlreicher; gewöhnlich

---

1) Demnächst beabsichtige ich ausführlicher auch auf diesen Punkt zurückzukommen.

2) Cfr.: Heitzmann: Studien am Knochen und Knorpel. Wien. Medic. Jahrb. 1872, p. 350.

ist dann an diesen Stellen der Zellleib weit ausgezogen. Man erhält diese Bilder ganz gleich bei Sublimatfixierung wie bei Konservierung mit dem v. Rath'schen Gemisch.

Wenn es sich also um Kunstprodukte handelte, so wären sie nicht durch eine spez. Wirkung der Konservierungsflüssigkeit bedingt. An Schnitten, die ohne vorherige Paraffinierung des Stückes angefertigt wurden, erscheinen sie ebenso, wie an sorgfältig eingebetteten, natürlich weniger deutlich, da einmal so feine Schnitte wie mit dem Mikrotom nicht zu erhalten sind, weiter angeschnittene Zellen bei uneingebettetem Material groben Läsionen ausgesetzt sind. Schrumpfungsprozesse während der Durchtränkung mit Paraffin kommen also auch nicht in Betracht. Dass die Ueberführung in Alkohol diese Bilder als Kunstprodukte entstehen lasse, ist auch nicht anzunehmen, denn Kern- und Protoplasmastruktur zeigen keinerlei Andeutungen solcher Veränderungen. Indess finden sich auch bei ganz sorgfältig behandelten Präparaten immer einzelne Zellen, welche einen geschrumpften Eindruck machen; an denselben sind, mehr weniger weit, die feinen Protoplasmafädchen abgerissen, der Kernkontur oft unregelmässig. Es scheint mir daher nicht auszuschliessen, dass, wenn auch nur in ganz geringem Masse, eine Schrumpfung aller Zellen eintritt — jedenfalls aber sind die Protoplasmafäden, die „Kapsel" und Zelle verbinden, nicht künstlich entstanden. Dass die Schrumpfung bei allen diesen Zellen nur äusserst gering sein kann, wenn sie überhaupt eintritt, wird auch dadurch bewiesen, dass man beim Arytaenoidknorpel von Kälbern Stellen trifft, die gewissen Entwicklungsstadien des Knorpels entsprechen, an welchen die Zellen völlig der Kapsel anliegen, also von Schrumpfung keine Rede sein kann.[1])

Mustert man die Grundsubstanz dünner Schnitte, die, mit v. Rath'schem Gemisch fixierten Stücken entstammend, mit der Kampechefarbe tingiert sind, so sieht man bei glücklich getroffener Färbungsintensität, diese von einem ungemein dichten,

---

1) Fortsätze von Knorpelzellen sind, abgesehen von Cephalopoden bei Vertebraten (speziell Sängern) ausser bei Selachiern (Leydig, Gegenbaur, v. d. Stricht) und Amphibien (O. Hertwig, Fromann) und abgesehen von Geschwülsten, in denen sie sehr oft beschrieben sind, von vielen Autoren gesehen (Remak, Heidenhain, Hasse, Fromann, Heitzmann, Stricker, Spina, O. Hertwig, Budge, Colomiatti, Petrone, Flesch, Leydig.)

etwas stärker gefärbten Netz durchsetzt. Auch an Safraninpräparaten ist das gleiche sichtbar, bei beiden sind jedoch die Färbungsdifferenzen gerade eben noch wahrnehmbar. Dagegen gibt das lange Orceïnverfahren oft überraschend prägnante Bilder. Die ganze Grundsubstanz ist von einem äusserst zarten und dichten Netzwerk erfüllt. Unmittelbar um die Zellen ist es dichter, bei verschiedenen Zellen verschieden viel. Es lässt sich nun in ganz bestimmter, jeden Zweifel anschliessender Weise feststellen, dass dieses Netzwerk mit den oben beschriebenen Zellausläufern direkt in Zusammenhang steht. Ebenso ist die Kontinuität des Netzes von einer Zelle zur andern absolut sicher zu sehen. Ich habe lange gezweifelt, ob diese Bilder nicht Kunstprodukte seien, indes ich habe sie, wenn auch sehr verschieden deutlich, bei den verschiedensten Methoden erhalten, ferner den normalen Zustand beim Uebergang in Erweichungsherde, mit ihren groben Netzwerken, verfolgen können, so dass ich nicht umhin kann, die Bilder als Ausdruck einer thatsächlichen Struktur dieses Knorpels anzusehen.

Dies führt uns also zu folgender Lehre über den Bau des hyalinen Teiles des Arytaenoidknorpels (die naheliegende allgemeine Fassung wäre erst durch zahlreiche Beispiele zu belegen, da ich in dieser Abhandlung nur die oben präcisierten Fragen lösen will, möge man mir es zu Gute halten, wenn ich diesen so interessanten Punkt hier nicht allgemein erörtere. Bei den grossen Differenzen, die gerade in Bezug auf diese Verhältnisse bei verschiedenen Knorpelarten bestehen, ist es rein unmöglich, in wenig Worten einen Ueberblick über die Fülle der Erscheinungen zu geben. In kurzem hoffe ich dieser Pflicht nachkommen zu können). Die Zellen haben zumeist um sich einen, je nach ihrem Zustande, bald grösseren bald kleineren freien Raum. Dieser wird von zahlreichen äusserst feinen Protoplasmafäden durchsetzt. Diese teilen sich (meist Dichotom) von einer bestimmten Stelle an, und gehen zahlreiche Verbindungen unter einander ein, so ein äusserst feines Netzwerk bildend. Von einer Zone nicht weit ausserhalb der ersten Teilungen ab liegt das Netzwerk in der Grundsubstanz eingebettet.

Das Netzwerk ist um die Zellen oft dichter, zudem finden sich dort vielfach, namentlich bei jungen Tieren die Körner, deren

Deutung wir oben gegeben haben. Der optische Ausdruck dieser Verhältnisse ist bei unserm Objekt die sogenannnte Knorpelkapsel. Bei dieser Natur derselben ist es uns jetzt auch einleuchtend, warum sie uns am frischen Objekt hindert, genaueres über die peripheren Teile der Knorpelzellen zu eruieren.

Entstehung des elastischen aus dem hyalinen Knorpel.

Wir wollen nunmehr solche Partien des Arytaenoidsknorpels ins Auge fassen, an welchen bereits die Bildung der elastischen Fasern begonnen hat. Ueber die gröberen Verhältnisse hat uns L. Gerlach [1]) erschöpfend Aufschluss gegeben, ich habe seinen Ausführungen in dem Punkt nur eine Thatsache hinzuzufügen, von der bald die Rede sein wird.

Die Zellen zeigen, schon bevor die Bildung von Fasern begonnen hat, Veränderungen. Wir sehen nämlich zunächst in denselben neben dem Kern ein Organ heranwachsen, das durch Osmium, ähnlich den elastischen Fasern gebräunt wird. Es wird grösser wie der Kern und dann zeigen sich in den Protoplasmafäden zur „Kapsel“ die ersten Körner. Jetzt sieht man es aus Fäden, die oft parallel liegen, zusammengesetzt, es dehnt sich mehr, weniger um den Kern, der noch von einem Hof stark granulierten Protoplasmas umgeben ist. Das Fadenwerk lockert sich dann auf zu einem feinen Netzwerk, das den ganzen Zellleib durchzieht. In diesem Gerüst sind, namentlich an den Knotenpunkten zahlreich kleinere und vereinzelt grössere Körner, die sich wie die elastische Substanz tingieren, suspendiert. Nun beginnen sich in den zur Kapsel führenden Protoplasmafäden zahlreichere Körner zu zeigen und auch in dem dichten Netzwerk unmittelbar um die Zelle treten entsprechend der oben beschriebenen Verteilung der Zellfortsätze zumeist an einem, seltener an 2 Polen der Zellen zahlreiche Körner auf, um sich dann über grössere Bezirke, event. um die ganze Zelle auszubreiten. Diese zuletzt berührten Verhältnisse hat L. Gerlach ganz ebenso befunden. Zu dieser Zeit finden sich nun aber schon bis in grosser Entfernung von den Zellen, von diesen ausgehend, Teile des Netzwerkes, welche sich stärker mit Orceïn tingiert haben

1) L. Gerlach, l. c. p. 9. 101 ff.

— also offenbar in Umwandlung in elastische Fasern begriffen —; derartiges habe ich in den Arbeiten der früheren Autoren nicht angegeben gefunden. Nicht selten sieht man diese Fasern zu mehren parallel liegen, von Zeit zu Zeit durch Queranastomosen verbunden. Sie ziehen so über viele Zellbezirke weg, so dass offenbar die Zellen für diese Anordnung wenig direkt zur Erklärung herangezogen werden können. Ob sich durch bestimmte Zug- und Druckwirkungen diese Erscheinungen erklären lassen, darüber bin ich nicht in der Lage, genauere Angaben zu machen. In der unmittelbaren Umgebung der Zellen findet dann eine intensive Bildung elastischer Fasern statt. Auch hier zeigen sich zunächst allerfeinste Fäden in der spezifischen Färbung, diese nehmen an Dicke zu, verschmelzen teilweise miteinander und indem immer neue Fasern hinzukommen, entsteht ein dichtes Netz ganz feiner bis grober elastischer Fasern. Aber auch ein anderer Modus ihrer Entstehung findet sich, allerdings nur recht spärlich bei jungen Tieren. Man kann nämlich, namentlich in der Nähe der Zellen, oft über grössere Strecken hin sehen, wie die ursprünglich gerade in den Knotenpunkten gelagerten elastischen Körner sich nun zu perlschnurartigen Gebilden, die auch wieder verzweigt sein können, aneinanderreihen. Diese Körner verschmelzen dann und die so entstandene Faser verdickt sich, wie die nach dem ersten Modus gebildeten, wenigstens habe ich nichts gesehen, was als dicken Wachstum einmal gebildeter elastischer Fasern durch Adglutination von Körnern gedeutet werden könnte. Der letztere Modus ist (Deutschmann, Ranvier, Gerlach u. a.) ebenso wie der erstere (Rabl-Rückhard, Boll, Hertwig u. a.) schon des öfteren geschildert. Der erstere findet sich zuerst, während der andere sich später, event. dominierend dazugesellt. Dieses zeitliche Verhältnis dürfte es bedingen, dass die Autoren, welche bei der Embryonalentwicklung die Genese der elastischen Elemente untersuchten, mehr zu der Feststellung des ersteren, die andern, welche in der postembryonalen Entwicklung der Ergründung dieser Frage nachgingen, zur Annahme des zweiten Bildungsmodus kamen.

Wie oben ausgeführt, finden sich beide.

Es ergibt sich also aus unsern Befunden, dass die elastischen Elemente von den Zellen selbst gebildet werden, dass aber die Bildung nicht von dem

eigentlichen Zellleib auszugehen braucht, sondern dass auch, diskontinuierlich, an entfernteren Stellen des Netzwerkes in der Grundsubstanz der Bildungsprozess statthaben kann. Bedenkt man, dass dieses Netzwerk, dessen Zusammenhang mit den Zellen nochmals hervorgehoben sei, den früheren Autoren unbekannt war, so wird man sehr wohl verstehen, wie die Kontroverse entstehen musste, je nachdem dieselben hauptsächlich die einen oder andern Bilder vor Augen hatten. Denn bei dem Streite, ob die elastischen Elemente und die fibrillären Bindegewebselemente als Produkte der „formativen Thätigkeit des Protoplasmas" (M. Schultze) oder als Ausscheidungen der Intercellularsubstanz entstünden, war es ohne Kenntnis des Netzwerkes in der Grundsubstanz ja ausgeschlossen, dass ein Forscher beiderlei Bildern gerecht wurde. Jedenfalls sind die entstehenden elastischen Elemente ganz überwiegend in direktem Zusammenhang mit der Zelle, resp. der „Kapsel", so dass unstreitig die Autoren, welche dieses beobachteten (Deutschmann, O. Hertwig, L. Gerlach), viel richtiger sahen, als die anderen (Reichert, Rahl-Rückhard).

Tiefer in die Histiogenese des Fadenwerkes und der Körner innerhalb des Zellleibes einzudringen, war mir leider an dem Säugetiergewebe auch mit den stärksten mir zur Verfügung stehenden Vergrösserungen bisher nicht möglich; hoffentlich gelingt es mir, in absehbarer Zeit über diesen wichtigen Punkt an einem geeigneteren, grosszelligeren Objekt erschöpfend Aufschluss zu erhalten.

Es ist ferner die Frage aufgeworfen worden, ob bei der Bildung der elastischen Elemente ein teilweiser Untergang der Knorpelzellen stattfände. L. Gerlach hat sie eingehend erörtert und hat das Vorkommen dieses Prozesses dazu benützt, seine Auffassung, dass die Bildung der elastischen Elemente auf Kosten des Zellprotoplasmas erfolge, zu begründen.

Ich kann diesen Befund bestätigen. Ich habe im Zusammenhang damit eine nicht uninteressante Erscheinung beobachten können, die ich anderweitig nicht beschrieben gefunden habe. Man sieht nicht gar selten, wie das von den Zellen ausgehende Netzwerk innerhalb der ersten dichten Verflechtung (Kapsel), gewöhnlich excentrisch eine zweite analoge Bildung formiert, ja auch eine dritte habe ich in einigen Fällen um die dann schon sehr verkleinerte, nur aus dem, chromatolytische Erscheinungen

zeigenden Kern und ganz wenig Plasma und oft vielen grossen Fetttröpfchen bestehende Zelle liegend angetroffen. Es sind dies Erscheinungen, welche wohl nicht anders gedeutet werden können, als dass eben die Bildung der elastischen Fasern, wie überhaupt die formative Thätigkeit der Zellen nicht stetig, sondern in Absätzen stärkeren und schwächeren Funktionierens vor sich geht; bei normalen Zellen findet sich ähnliches, aber bei degenerierenden ist das Netzwerk viel gröber, daher die Bilder viel leichter zu sehen.

Somit hätten wir den Bau des hyalinen Arytaenoidknorpels und seine Umwandlung in elastischen oder Netzknorpel so eingehend kennen gelernt, dass wir die schwebenden Differenzen über die Genese der elastischen Elemente entscheiden und das Entstehen dieser Kontroversen verstehen konnten. Um indess über die Bildung des elastischen Knorpels völlige Klarheit zu erlangen, erübrigt uns noch, die

direkte Bildung elastischen Knorpels

kennen zu lernen; welche interessante Gesichtspunkte zur Beurteilung des Knorpels überhaupt sich hieraus ergeben, werden wir dann erkennen.

Dass die elastischen Fasern des Knorpels mit denen des Periosts in Zusammenhang stehen, ist schon oft, für den entwickelten wie den sich entwickelnden elastischen Knorpel gezeigt worden, und noch nie ist etwas anderes behauptet worden.

O. Hertwig hat uns das erste Auftreten der elastischen Fasern im Ohrknorpel menschlicher Foeten geschildert. Die Verhältnisse, die wir alsbald kennen lernen werden, bieten zu den von ihm geschilderten Vorgängen vielfach Parallelen. Beiläufig sei an dieser Stelle nochmals daran erinnert, dass er es ist, der zuerst beim Netzknorpel von den Zellen Ausläufer ausgehen und anastomosieren sah. Allein die Vorgänge, welche wir jetzt betrachten wollen, sind doch nicht denen, die O. Hertwig untersuchte, ganz entsprechend; er verfolgte die erste Entstehung der elastischen Elemente in embryonalem Knorpel, während wir sehen wollen, wie sich aus einem elastischen foetalen Bindegewebe ein elastischer Knorpel bildet. Wie bekannt sein dürfte, besteht das embryonale Bindegewebe aus fein verzweigten Zellen, die mit einander durch feinste Anastomosen verbunden sind. Ganz so ver-

hält sich noch um den Arytaenoidknorpel neugeborener Kälber, das lockere Bindegewebe mit dem Unterschiede, dass schon junge Bindegewebsfasern und zahlreiche, wenig verzweigte elastische Fasern vorhanden sind. Nach dem, was ich gesehen habe, entstehen diese, wie es ähnlich Boll [1]) beschrieben hat. Die Bildungszelle ist zumeist geschwänzt und in Verlängerung des Schwanzes sprosst eine stärkere elastische Faser aus, während feinere oft in grosser Anzahl von Nebenzipfeln aus entstehen.

Also die Fasern entstehen nicht als leistenförmige Verdickungen der Zelloberfläche, sondern sie wachsen von einem ausgezogenen Teil der Zelle aus — Bilder, die einem bei der vorgefassten Meinung, die Bindegewebszellen hätten Zellmembranen, sehr wohl zu einer der Virchow-Donder'schen ähnlichen Ansicht von ihrer Genese führen könnten.

Neben diesen recht zahlreichen Zellen, welche als „Elastoblasten“ funktionieren, finden sich nun noch viele andere, mit deren Zellleib nicht elastische Elemente im Zusammenhang stehen. Sie sind durch viel zahlreichere Ausläufer ausgezeichnet und diese bilden ein dichtes Netzwerk, das auch mit den stärksten Vergrösserungen nur an günstigen Stellen deutlich zu entwirren ist. Nähert man sich der Knorpelgrenze, so sieht man, dass dieses Netzwerk sich kontinuierlich in das des jugendlichen Knorpels fortsetzt. Auch in diesem sind die zwei eben näher charakterisierten Zelltypen ganz leicht wieder zu erkennen. Die Zellen liegen noch auffallend dicht bei einander, wenn auch nicht mehr so gedrängt wie in dem umgebenden Gewebe. Der einzige prinzipielle Unterschied von diesem besteht eben darin, dass beim Knorpel die Grundsubstanz zur Ausscheidung gekommen ist.

Man kann eine ziemlich scharfe Grenze für dieselbe feststellen und sieht, dass die Configuration dieses Kontours im Allgemeinen die Sphären der einzelnen Zellen umgreift; aber dies ist nicht immer der Fall; ich glaube daraus schliessen zu müssen, dass zwar die Zellen die Centren sind, von denen aus die Bildung, resp. Ablagerung der Zwischensubstanz erfolgt, dass aber andererseits die Ausscheidung nicht nur von dem Zellleib, sondern auch von den verästelten Fortsätzen aus erfolgt; ich verweise zur

1) M. Schulte's Archiv Bd. 7.

Begründung dieser Auffassung weiterhin auf meine oben bei der Schilderung des archoplasmaähnlichen Organs (pag. 94 u. 95) niedergelegten Beobachtungen. Dass dieser Uebergang des Bindegewebes in Knorpel hier so klar zur Anschauung kommt, beruht darauf, dass es noch nicht zur Bildung eines eigentlichen Perichondriums gekommen ist. Sowie dies eintritt, werden die Zellen in schmalen Zonen gedrängt übereinander geschichtet, und es ist dann ungemein erschwert, genauer die Anordnung des Protoplasmas zu eruieren. Indess auch dort ist es möglich, zu einer befriedigenden Lösung des Problems zu kommen. Ich muss an dieser Stelle darauf verzichten, die Beziehungen von Perichondrium und Knorpel allgemein zu diskutieren, da sie für die Lösung unserer Frage nicht in Betracht kommen.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, darauf hinzuweisen, wie sich aus dem Nachweis eines mit den Zellen in Zusammenhang stehenden feinen Netzwerkes in der Grundsubstanz, dessen thatsächliche Existenz ich lange bezweifelt habe, zu dessen Annahme ich aber durch meine Befunde gezwungen bin, nicht nur die Lösung unseres Themas ergeben hat, sondern wie er im Zusammenhang mit anderen Beobachtungen von einschneidender Bedeutung für die Auffassung des hyalinen Knorpels überhaupt ist. Es sei nur an die neueren analogen Befunde Flemming's (Intern. Beiträge z. wiss. Med., Festschr. f. Virchow I., 1891) und Reinke's (Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 43 1894) an jugendlichen Bindegewebszellen erinnert. Allerdings stehen ja diesen die Auffassungen so namhafter Forscher wie v. Kölliker's (Gewerbelehre, 1889) und Merkel's (Verhdlg. d. Naturf.-Vers. II. Teil, 2. Hälfte 1893) welche an der Entstehung der Bindegewebsfibrillen unabhängig von den Zellen in der Grundsubstanz festhalten, entgegen. Ich möchte nicht verfehlen, nochmals zu betonen, dass nicht ein hyaliner Knorpel die gleichen Verhältnisse zeigt wie der andere, also eine direkte Uebertragung der hier dargelegten Befunde nicht zu allgemeinen, für den Knorpel zutreffenden Anschauungen führen würde. Wir werden hoffentlich in Bälde Gelegenheit finden, in umfassender Weise uns mit der Frage nach Genese und Bau des Knorpels überhaupt zu beschäftigen.

Anatomisches Institut zu Erlangen, Juli 1895.

Fluorescenz des Natrium- und Kaliumdampfes und Bedeutung dieser Thatsache für die Astrophysik.

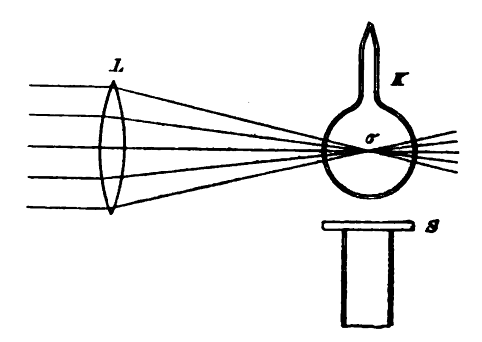
Von Eilh. Wiedemann und G. C. Schmidt.

(Vorgetragen in der Sitzung am 12. November 1895.)

An ungemischten Dämpfen ist eine Fluorescenz nachgewiesen für den Joddampf von E. v. Lommel (Wied. Ann. 19 pag. 856. 1883), von uns für die Dämpfe zahlreicher organischer Substanzen (Wied. Ann. 56 pag. 18 1895). Unsere neuen Versuche sollen das Verhalten von Metalldämpfen in dieser Hinsicht studieren.

1) Versuchsanordnung.

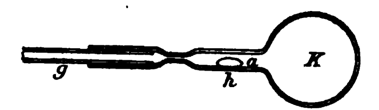
Zu den Versuchen diente folgende *Anordnung*. Die von der Sonne kommenden Strahlen fielen auf eine Linse L von ca. 5 cm Brennweite, die sie zu einen schmalen Strahlenbündel σ vereint,



das die mit Dampf erfüllte Kugel K durchsetzt. Seitlich von der Kugel befand sich der horizontal gestellte Spalt eines Spectralapparates. Die Kante des Prismas lag selbstverständlich ebenfalls horizontal. Der Spectralapparat war mit seinen Füssen an einem vertikalen Brett befestigt. Er konnte mit Hülfe eines im Innern des Fusses drehbaren Conus um seine Axe gedreht werden.

So konnte man das Collimatorfernrohr auf den in der Kugel auftretenden Kegel von Fluorescenzlicht richten. —

Das *Einbringen* des Natriums, Kaliums und analog das der anderen Metalle in die Kugeln, die meist aus hartem Glase bestanden, geschah in folgender Weise. Zuerst wurde eine kleine



Menge Metall in die Kugel hineingeworfen, dann der Hals derselben ausgezogen und in seinem Ende ein weiches Glasrohr eingekittet, das an einen mit der Hg-Pumpe verbundenen Schliff angeschmolzen war. Das Metall brachte man dann an die Stelle *a*, erhitzte unter fortwährendem Pumpen gelinde, um alle Feuchtigkeit und alle Kohlenwasserstoffe zu entfernen, in einzelnen Fällen spülte man die Kugel auch mehrfach mit Wasserstoff aus. Dann erhitzte man stärker und destillierte eine angemessene Menge Metall in die Kugel K und schmolz dann bei der Einschnürung ab. Bei den meisten Versuchen war der Durchmesser der Kugel 5 cm, die ganze Kugel konnte leicht mit einer Flamme umspült werden. Wir haben aber auch Kugeln aus weichen Glas und solche von anderen Dimensionen benutzt, die optischen Erscheinungen waren stets die gleichen. Sehr lästig war bei den Alkalimetallen, dass das Glas durch ihre Dämpfe schon nach kurzer Zeit tiefgehende Veränderungen erfuhr, es bräunt und schwärzt sich, so dass man oft neue Kugeln verwenden muss.

2) Resultate.

Die Versuche ergaben: *Natrium- und Kaliumdampf fluorescieren hell und zwar ersterer grün, letzterer intensiv rot.*

Bei Dämpfen dieser Metalle ist auch in dem Licht einer Bogenlampe die Fluorescenz sehr schön zu sehen.

An Dämpfen von schwerflüchtigen Metallen konnten wir bisher noch nicht mit vollkommener Sicherheit eine Fluorescenz nachweisen, indess schien der Cadmiumdampf unmittelbar an der siedenden Metalloberfläche eine grüne Fluorescenzfarbe zu zeigen. Das Misslingen der einschlägigen Versuche beruht jedenfalls zum Teil auf der geringen Intensität der Strahlen der Wintersonne.

Wir werden selbstverständlich die Versuche im Sommer wiederaufnehmen.

Das Fluorescenzspectrum des Natriumdampfes besteht aus folgenden Teilen:

675 Grenze des rot.

675—602,5 helles rotes Band.

602,5—540 dunkle Bande.

540—496 grüne canellierte Bande, die sich aus einzelnen dunklen und hellen Linien zusammensetzt.

Weiter im Blau ist fast nichts zu sehen.

Ferner tritt am weniger brechbaren Ende der dunklen Bande 602—540 hell die gelbe Natriumlinie auf.

Das Auftreten der hellen Natriumlinie rührt nicht etwa von der erwärmenden Flamme her; denn auch, wenn letztere entfernt wurde, blieb sie hell sichtbar, ihr Auftreten entspricht auch nicht chemischen Processen, welche sich in der Kugel abspielen, denn sie verschwand in dem Moment, in dem das erregende Licht abgeblendet wurde.

Dass Fluorescenzspectrum des Natriumdampfes[1]) besteht demnach aus drei Teilen: 1) der nichtcannelierten Bande im Rot, 2) der cannelierten Bande im Grün, 3) der hellen Natriumlinie im Gelb.

Während bei den festen und flüssigen fluorescierenden Körpern die Fluorescenzspectra aus breiten verwaschenen continuirlichen Streifen bestehen, begegnen wir hier auch cannelierten Banden, wie sie andere Gase unter dem Einfluss der elektrischen Entladungen zeigen und einzelnen Linien.

Das Fluorescenzspectrum des Kaliums zeigt 695—615 ein intensiv rotes Band.

An das Band schliesst sich Dunkelheit an, in der das grün

---

1) Eine Vergleichung dieser Fluorescenzspectra mit den Spectren, die bei einer Erwärmung vom Natriumdampf auftreten (Evershed. Phil. Mag. (5) 39 p. 460 1895), ergiebt gewisse Beziehungen, dasselbe ist der Fall, wenn man die Lage der Fluorescenzspectra mit den von H. E. Roscoe und A. Schuster (Proc. Rog. Soc. Lond. 22. 262 1894) bestimmten Absorptionsbandenspectra zusammenstellt und zwar sowohl beim Natrium wie beim Kalium; in beiden Fällen erscheint die Emission nach dem Rot verschoben.

etwas heller auftritt, vielleicht in Folge der Gegenwart von etwas Natriumdampf.

Die hellen Kaliumlinien konnten nicht nachgewiesen werden, indess mag ihr Fehlen von mangelnder Intensität des einfallenden Lichtes herrühren.

Das Fluorescenzspectrum des Lithiums liess sich leider nicht beobachten, da das Lithium, sobald es in Glasgefässen erhitzt wird, das Glas unter Lichterscheinung angreift. Der beim weiteren Erhitzen sich entwickelnde Dampf zeigt nur das grüne Fluorescenzlicht des Natriums. Aus demselben Grunde scheiterten auch Versuche eine Elekroluminescenz des Lithiums in Entladungsröhren zu erhalten.

3) Gültigkeit der Stokes'schen Regel für das Fluorescenzlicht der Metalldämpfe.

Wir haben auch zu prüfen gesucht, ob die Stokes'sche Regel für Metalldämpfe giltig ist, d. h. ob das erregte Licht weniger brechbar ist als das erregende. Dazu wurde aus einem durch ein Prisma entworfenen Spectrum ein ziemlich schmaler Streifen ausgeblendet und durch eine Linse in der mit Dampf erfüllten Kugel vereint.

Bei Natriumdampf wurde das intensivgrüne emittierte Licht vor allem durch grünblaue Strahlen erregt, das rote durch gelbe und rote Strahlen. Bei Kaliumdampf erregt rotes Licht das tiefrote emittierte Licht.

Diese Versuche zeigen, dass wenigstens keine grossen Abweichungen von der Stokes'schen Regel vorhanden sind.

4) Astrophysikalische Anwendungen.

Wir möchten noch kurz auf die Bedeutung der obigen Beobachtung, dass Metalldämpfe fluorescieren für astrophysikalische Probleme hinweisen, eine genauere Erörterung wird an anderer Stelle geschehen.

Wir wissen, dass in der Sonnenatmosphäre Dämpfe der verschiedensten Metalle enthalten sind, welche von der Sonne bestrahlt werden, sie müssen also fluorescieren und zwar sehr hell. Dabei dürfen wir nicht vergessen, dass die Intensität des erregenden Lichtes in der Sonnennähe viel grösser ist als an der Erdoberfläche, also auch diejenige des Fluorescenzlichtes. Diese Fluorescenzstrahlung gehorcht nicht dem Kirchhoff'schen Gesetz.

Das emittierte Fluorescenzlicht setzt sich zusammen, aus continuierlichen und cannelierten Banden und aus einzelnen Linien. Bei einem Gemisch vieler Metalle werden erstere sich zu einem continuirlichen Spectrum zusammenlagern, die feinen manchmal schwer erkennbaren Cannelierungen verschiedener Substanzen lagern sich über einander und verschwinden. Die scharfen Linien bleiben dagegen einzeln sichtbar: so dürfte sich z. B. am einfachsten das Spectrum der Corona, welches aus einem continuierlichen Spectrum und aus einzelnen hellen Linien besteht, erklären. Man brauchte dann auch nicht eine fortdauernde Erregung zum Leuchten durch elektrische Schwingungen anzunehmen; Erregungen, die indess in vielen Fällen gewiss eine hervorragende Rolle spielen. Anwendungen der Resultate auf die Theorie der Chromosphäre, gewisser Formen der Protuberanzen u. s. w. liegen nahe.

Besonderer Discussionen wird es aber bei allen astrophysikalischen und anderen Strahlungserscheinungen bedürfen nicht nur in der Hinsicht, welche Teile der Strahlung von einer Temperaturerhöhung allein herrühren, und welche von einer Luminescenz bedingt sind, sondern es wird auch im speciellen festzustellen sein, wann uns eine Photoluminescenz, also eine Fluorescenz entgegentritt. In diesem Fall liegen die Verhältnisse relativ einfach und für den Versuch am leichtesten zugänglich.

5) Allgemeine Bemerkungen.

Der von uns untersuchte Fall der Fluorescenz der verdünnten Kalium- und Natriumdämpfe dürfte der einfachst mögliche sein, einmal sind die leuchtenden Moleküle des untersuchten Körpers im Dampfzustande fast unbeeinflusst von der Wirkung der Nachbarmoleküle, wenn wir von den kurzen Zeiten absehen, während deren sich zwei oder mehr Moleküle in ihren gegenseitigen Wirkungsphären befinden, dann verhalten sie sich ähnlich, wie Moleküle im festen und flüssigen Zustand. Ferner sind der Natrium- und Kaliumdampf e i n a t o m i g, soweit sich wenigstens aus den bisher festgestellten Dampfdichten ergiebt. Dass bei diesen Dämpfen sowohl Banden- als Linienspectren auftreten, muss für die theoretischen Untersuchungen über Fluorescenz einen neuen Ausgangspunkt geben, vor allem, wenn man auf die der Fluorescenz zu Grunde liegenden intramolekuren Vorgänge eingehen will.

6) Resultat.

Natrium- und Kaliumdampf fluorescieren hell, ersterer grün, letzterer rot, in dem Fluorescenzspectrum des Natriumdampfes treten continuierliche und cannelierte Banden sowie die gelbe Natriumlinie auf.

Für die Fluorescenz der Metalldämpfe gilt wahrscheinlich die Stokes'sche Regel. — Die Fluorescenz der Metalldämpfe gibt ein Mittel eine Reihe astrophysikalischer Erscheinungen zu erklären.

(Versuche mit Helium, Argon sind im Gange).

Erlangen 20. Oktober.

Ueber den gemeinsamen Factor zweier binären Formen.

Von Prof. Dr. M. Noether.

(Vorgetragen in der Sitzung am 12. November 1895.)

Im 13. Hefte (1881) dieser Sitzungsberichte, pag. 41, sowie in der deutschen Bearbeitung von Faà di Bruno's „Binären Formen" (Leipzig, Teubner 1881), pag. 57 ff., finden sich die Bedingungen, dass zwei binäre Formen einen Factor ϱten Grades gemeinsam haben, einfach entwickelt, aber mit einem unvollständigen Schluss, den ich erst 1886 in meinen Vorlesungen bemerkte und verbesserte.

Kurz darauf wurde die einfache und strenge Schlussweise von Herrn Scheibner („Mathem. Bemerkungen", (1), aus einem Briefe an Baltzer, vom 9. Februar 1887; Berichte der Sächs. Ges. d. Wiss. vom 16. Jan. 1888) mitgetheilt; und jetzt wiederum von Herrn Lüroth („Kurze Ableitung der Bedingungen etc.", Ztsch. f. Math. u. Phys., Bd. 40 1895). Ich möchte hier darauf zurückkommen, einmal, um jene Lücke, auf welche nicht hingewiesen worden ist, zu bezeichnen, hauptsächlich aber, um einige weitere Sätze zu folgern.

1. Die beiden Formen seien:

$$(1)\begin{cases} \varphi = a_0x^m + a_1x^{m-1} + \dots + a_m, \\ \psi = b_0x^n + b_1x^{n-1} + \dots + b_n \end{cases} \begin{pmatrix} a_0 \text{ und } b_0 \text{ nicht} \\ \text{zugleich} = o \end{pmatrix}.$$

Im Folgenden sollen P_i, Q_i, X_i, F_i, ... ganze Functionen von x, höchstens vom Grad i des Index, bezeichnen. Unmittelbar hat man die Schlüsse:

I. Wenn eine Relation von der Form

$$X_\varrho = P_\iota \cdot \varphi + Q_\iota \cdot \psi$$

existiert, wo X_ϱ eine nicht identisch verschwindende ganze Function, höchstens vom ϱten Grade, ist, so haben φ und ψ einen gemeinsamen Factor von höchstens dem Grade ϱ.

II. **Wenn eine Relation von der Form**

$$o = P_{n-\varrho} \cdot \varphi + Q_{m-\varrho} \cdot \psi,$$

mit nicht identisch verschwindenden $P_{n-\varrho}$ und $Q_{m-\varrho}$, existiert, so haben φ und ψ einen gemeinsamen Factor von mindestens dem Grade ϱ; und umgekehrt.

III. **Wenn I. und II. existiert, so haben φ und ψ einen gemeinsamen Factor von genau dem Grade ϱ.**

2. Unter D_ϱ ($\varrho = o, 1, \ldots m \leqq n$) werde die Determinante

$$D_\varrho = \begin{vmatrix} a_o & a_1 & a_2 & \ldots & a_{m+n-2\varrho-1} \\ & a_o & a_1 & \ldots & a_{m+n-2\varrho-2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ & & a_o & a_1 \ldots & a_{m-\varrho} \\ b_o & b_1 & b_2 & \ldots & b_{m+n-2\varrho-1} \\ & b_o & b_1 & \ldots & b_{m+n-2\varrho-2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ & & b_o & b_1 \ldots & b_{n-\varrho} \end{vmatrix} \quad \begin{pmatrix} a_i = o, \ b_k = o \\ \text{für } i > m, \ k > n \end{pmatrix}$$

verstanden. Sei zuerst D_ϱ nicht $= o$. Dann kann man die Functionen $P_{n-\varrho-1}$ und $Q_{m-\varrho-1}$ eindeutig so bestimmen, dass eine Identität

$$(2) \quad X_\varrho = P_{n-\varrho-1} \cdot \varphi + Q_{m-\varrho-1} \cdot \psi$$

existiert, in welcher der Coefficient von x^ϱ in X_ϱ zu 1 wird; denn die Vergleichung der Coefficienten, von der $(m + n - \varrho - 1)^{\text{ten}}$ bis zur ϱ^{ten} Potenz von x, giebt ein nicht-homogenes System von $m + n - 2\varrho$ linearen Gleichungen für die $m + n - 2\varrho$ Coefficienten von $P_{n-\varrho-1}$ und $Q_{m-\varrho-1}$, mit der Determinante D_ϱ *). Durch den Coefficienten von x^ϱ sind zugleich die übrigen Coefficienten von X_ϱ eindeutig mitbestimmt; und zwar treten, nach Multiplication von (2) mit D_ϱ, nur noch ganze Functionen der a und b in (2) auf.

In Verbindung mit Satz I folgt:

IV. **D_ϱ nicht $= o$ ist hinreichende Bedingung für eine Relation (2), also auch dafür, dass φ und ψ einen Factor von höchstens dem Grade ϱ gemeinsam haben.**

---

*) In der citierten Note war auch die Umkehrung dieses Satzes geschlossen, welche aber nicht zutrifft. Die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für eine Identität (2) werden unten, Nr. 7, gegeben werden.

3. Sei $D_\varrho = 0$. Dann lässt sich eine Relation befriedigen:

$$(3)\ X_{\varrho-1} = P^1_{n-\varrho-1} \cdot \varphi + Q^1_{m-\varrho-1} \cdot \psi,$$

in welcher $X_{\varrho-1}$ eine Function von höchstens dem Grade $\varrho - 1$, und $P^1_{n-\varrho-1}$, $Q^1_{m-\varrho-1}$ nicht verschwindende Functionen werden. Denn, wie in 2., erhält man hier ein homogenes System von $m + n - 2\varrho$ linearen Gleichungen für die $m + n - 2\varrho$ Coefficienten von $P^1_{n-\varrho-1}$, $Q^1_{m-\varrho-1}$, mit der Determinante $D_\varrho = 0$. Umgekehrt folgt aus der Existenz eine Relation (3), dass $D_\varrho = 0$ ist:

V. $D_\varrho = 0$ ist die notwendige und hinreichende Bedingung für die Existenz einer Relation (3).

4. Sei jetzt angenommen: $D_0 = 0$, $D_1 = 0$, ... $D_{\sigma-1} = 0$ seien notwendig und hinreichend dafür, dass φ und ψ einen Factor von mindestens dem Grade σ gemeinsam haben; was für $\sigma = 0$ zutrifft.

Sollen φ und ψ einen Factor von mindestens dem Grade $\sigma + 1$ gemeinsam haben, so existiert die Relation des Satzes II für $\varrho = \sigma + 1$, also verschwindet, nach V, auch D_σ. Ist umgekehrt noch $D_\sigma = 0$, so existiert nach V die Relation (3) für $\varrho = \sigma$, in welcher aber die linke Seite $X_{\sigma-1}$ durch den angenommenen Factor σ^{ten} Grades teilbar, also identisch 0 wird; daher haben, nach II, φ und ψ einen Factor vom Grade $\sigma + 1$ gemeinsam. In Verbindung mit IV, III hat man somit:

VI. $D_0 = 0$, $D_1 = 0$, ..., $D_{\varrho-1} = 0$ sind die notwendigen und hinreichenden Bedingungen dafür, dass φ und ψ einen grössten gemeinsamen Factor von mindestens dem Grade ϱ besitzen. $D_0 = 0$, $D_1 = 0$, ..., $D_{\varrho-1} = 0$, D_ϱ nicht $= 0$ sind notwendig und hinreichend dafür, dass der grösste gemeinsame Factor von genau dem Grade ϱ ist.

5. Aus V ergibt sich, als unmittelbare Erweiterung dieses Satzes:

VII. Notwendige und hinreichende Bedingungen für das Bestehen einer Relation

$$X_{\varrho-1} = P^1_{n-\sigma-1} \cdot \varphi + Q^1_{m-\sigma-1} \cdot \psi \quad (\sigma \geqq \varrho),$$

in welcher $P^1_{n-\sigma-1}$ und $Q^1_{m-\sigma-1}$ nicht identisch verschwindende Functionen werden und $X_{\varrho-1}$ von höchstens dem Grade $\varrho - 1$ ist, sind:

$$D_\varrho = 0,\ D_{\varrho+1} = 0,\ \ldots,\ D_\sigma = 0.$$

6. Nach Nr. 3 kann für D_ϱ nicht $=$ o keine Relation der Art (2), von Nr. 2, existieren, in welcher die linke Seite unter den Grad ϱ sinkt, sondern nur, eindeutig bestimmt durch den Coefficienten von x^ϱ in X_ϱ, jene Relation (2) selbst. Verbindet man dies mit Satz VII, indem man daselbst $\varrho + 1$ für ϱ einsetzt, so hat man statt No. 2:

VIII. Für D_ϱ nicht $=$ o sind die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für das Bestehen einer Relation

$$X_\varrho = P_{n-\sigma-1} \cdot \varphi + Q_{m-\sigma-1} \cdot \psi \ (\sigma \geqq \varrho),$$

in welcher der Coefficient von x^ϱ in X_ϱ gleich 1 sein soll, noch:

$$D_{\varrho+1} = 0, \ D_{\varrho+2} = 0, \ \ldots \ D_\sigma = 0.$$

Durch den ersten Coefficienten von X_ϱ ist die Relation eindeutig bestimmt. Für $D_{\sigma+1}$ nicht$=$o sinken $P_{n-\sigma-1}$ und $Q_{m-\sigma-1}$ nicht zugleich unter die Grade ihrer Indices.

7. Schreibt man in VIII:

$$X_\nu \equiv x^\nu + \ldots = P_{n-\sigma-1} \cdot \varphi + Q_{m-\sigma-1} \cdot \psi,$$
$$D_\nu \text{ nicht} = 0, \ D_{\nu+1} = 0, \ D_{\nu+2} = 0, \ldots, \ D_\sigma = 0,$$

und nimmt

$$\sigma \geqq \varrho > \nu \geqq 0$$

an, so erhält man, indem man diese Relation Glied für Glied mit einer beliebigen Function $(\varrho - \nu)^{\text{ten}}$ Grades, $F_{\varrho-\nu}$, multipliciert, deren höchster Coefficient gleich 1 ist, ebenfalls eine Function ϱ^{ten} Grades in der Form (2), oder der Relation von Satz VIII, obwohl $D_\varrho = 0$ ist:

$$F^1_\varrho \equiv F_{\varrho-\nu} \cdot X_\nu = F_{\varrho-\nu} P_{n-\sigma-1} \cdot \varphi + F_{\varrho-\nu} Q_{m-\sigma-1} \cdot \psi,$$
$$= P''_{n-\varrho-1} \cdot \varphi + Q''_{m-\varrho-1} \cdot \psi,$$

wenn man nur noch weiter annimmt:

$$\sigma \geqq 2\varrho - \nu.$$

Wir wollen aber die Umkehrung beweisen, und damit den Satz:

IX. Notwendige und hinreichende Bedingung für die Existenz einer Relation

$$F_\varrho = P_{n-\varrho-1} \cdot \varphi + Q_{m-\varrho-1} \cdot \psi,$$

in welcher der Coefficient von x^ϱ von F_ϱ gleich 1 sein

soll, ist: dass entweder D_ϱ nicht $= o$, was auf VIII. führt; oder dass zu gleicher Zeit

$$D_\nu \text{ nicht} = o,\ D_{\nu+1} = o,\ D_{\nu+2} = o,\ \ldots,\ D_\varrho = o,\ \ldots,\ D_\sigma = o,$$

wo $\varrho > \nu \geqq o,\ \sigma \geqq 2\varrho - \nu$

ist. Im letzteren Falle ist die Relation für F_ϱ nichts weiter, als die eindeutig bestimmte Relation für X_ν, multipliciert mit einer beliebigen Function $(\varrho - \nu)^{\text{ten}}$ Grades.

Sei also angenommen: $D_\varrho = o$ und

$$F_\varrho \equiv x^\varrho + \ldots = P_{n-\varrho-1} \cdot \varphi + Q_{m-\varrho-1} \cdot \psi.$$

Dann kann zunächst nicht zugleich $D_{\varrho-1} = o$, $D_{\varrho-1} = o, \ldots$, $D_o = o$ sein, weil sonst (VI) φ und ψ einen Factor $(\varrho + 1)^{\text{ten}}$ Grades gemeinsam hätten, F_ϱ also $\equiv o$ wäre. Somit sei

$$D_\nu \text{ nicht} = o,\ D_{\nu+1} = o,\ D_{\nu+2} = o,\ \ldots,\ D_\varrho = o\ \ (\varrho > \nu \geqq o).$$

Wegen D_ν nicht $= o$ lässt sich, genau wie in No. 2, eine Relation

$$F^1{}_\varrho = P^1{}_{n-\nu-1} \cdot \varphi + Q^1{}_{m-\nu-1} \cdot \psi$$

herstellen, in welcher die $\varrho - \nu + 1$ Coefficienten von $x^\varrho, x^{\varrho-1}, \ldots, x^\nu$ in $F^1{}_\varrho$ willkürlich, nur nicht alle o, sind, während die übrigen Coefficienten von $F^1{}_\varrho$, und die von $P^1{}_{n-\nu-1}$, $Q^1{}_{m-\nu-1}$, durch sie eindeutig bestimmt werden. Nimmt man also jene $\varrho - \nu + 1$ willkürlichen Coefficienten von $F^1{}_\varrho$ übereinstimmend an mit den entsprechenden von F_ϱ, so muss die Relation für $F^1{}_\varrho$ in die gegebene für F_ϱ, welche der Form nach unter die für $F^1{}_\varrho$ fällt, übergehen. Eine solche Relation für $F^1{}_\varrho$ lässt sich aber so erhalten: Wegen D_ν nicht $= o$, $D_{\nu+1} = o, \ldots, D_\varrho = o$ hat man nach VIII:

$$X_\nu \equiv x^\nu + \ldots = P^1{}_{n-\varrho-1} \cdot \varphi + Q^1{}_{m-\varrho-1} \cdot \psi,$$

also, nach Annahme einer beliebigen Function $(\varrho - \nu)^{\text{ten}}$ Grades $F_{\varrho-\nu}$:

$$F^1{}_\varrho = F_{\varrho-\nu} X_\nu = F_{\varrho-\nu} P^1{}_{\nu-\varrho-1} \cdot \varphi + F_{\varrho-\nu} Q^1{}_{m-\varrho-1} \cdot \psi;$$

und hier kann man links, wegen der Willkürlichkeit der $\varrho - \nu + 1$ Coefficienten von $F_{\varrho-\nu}$, die $\varrho - \nu + 1$ höchsten Coefficienten von $F^1{}_\varrho$ mit denen von F_ϱ identisch machen.

Man hat daher:

$$F_\varrho \equiv F_{\varrho-\nu} X_\nu,\ P_{n-\varrho-1} \equiv F_{\varrho-\nu} P^1{}_{n-\varrho-1},\ Q_{m-\varrho-1} = F_{\varrho-\nu} Q^1{}_{m-\varrho-1},$$

wie im Satze behauptet wurde. Zugleich ergeben die letzten beiden Gleichungen weiter:

$$P^1{}_{n-\varrho-1} \equiv P''_{n-(2\varrho-\nu)-1},\ \ Q^1{}_{m-\varrho-1} \equiv Q''_{m-(2\varrho-\nu)-1},$$

$$X_\nu \equiv x^\nu + \ldots = P''_{n-(2\varrho-\nu)-1} \cdot \varphi + Q''_{m-(2\varrho-\nu)-1} \cdot \psi,$$

also nach VIII auch:

$$D_{\varrho+1} = 0, \; D_{\varrho+2} = 0, \; \ldots, \; D_\sigma = 0 \quad (\sigma \geqq 2\varrho - \nu),$$

was den Beweis des Satzes vervollständigt. —

Erwähnt sei hierbei nur, dass für D_ϱ nicht $= 0$ die Function $X_\varrho \equiv F_\varrho$ von VIII oder IX nach Multiplication mit D_ϱ der alsdann bei der Operation des Aufsuchens des grössten gemeinsamen Teilers von φ und ψ auftretende Rest ϱ^{ten} Grades ist, während für $D_\varrho = 0$ ein solcher Rest nicht existiert, aber nach IX noch eine analoge Relation für F_ϱ stattfinden kann, wie im allgemeinen Falle für den Rest ϱ^{ten} Grades.

Erlangen, September 1895.

Sur les invariants de deux formes binaires à facteur commun.

Par Mr. F. Brioschi à Milan, Membre Hon. de la Société.

(Extrait d'une lettre adressée à Mr. Noether.)

(Vorgetragen in der Sitzung am 13. Januar 1896).

Je vous remercie de l' envoi de votre travail — Ueber den gemeinsamen Factor zweier binären Formen[1]) — . . .

Permettez-moi de vous communiquer un théorème sur la même question, théorème qui est une extension, aux racines communes à deux équations, de celui pour les racines multiples d' une équation, que j' ai communiqué au mois d' Octobre à l' Académie des Sciences.

Le théorème est le suivant. Si les équations $\varphi(x) = o$, $\psi(x) = o$ ont une racine commune y et par conséquent:

$$\varphi(x) = (x-y)\,\alpha(x), \qquad \psi(x) = (x-y)\,\beta(x),$$

un covariant simultané quelconque H de φ, ψ, du degré p pour les coefficients de φ, q pour ceux de ψ, et d'ordre m; ou dans l' opportun algoritme adopté par Mr. Gall (Mathe. Ann. Bd. 31):

$$\underset{(p,\,q,\,m)}{H}$$

s' exprime en fonction d' invariants et de covariants simultanés de α, β, fonction $(p, q, m+p+q)$.

En posant $m = o$ on a le même théorème pour les invariants simultanés de φ, ψ.

Si les équations $\varphi = o$, $\psi = o$ ont deux racines communes, la seconde racine sera commune aux équations $\alpha = o$, $\beta = o$; ainsi de suite.

Un exemple très simple rendra clair le but du théorème.

---

1) v. Sitzungsber. der phys.-med. Soc. in Erlangen, Heft 27, S. 110, Sitzung vom 12. Nov. 1895.

Soient φ, ψ deux formes cubiques; et:

$$g = {}^1/_2\,(\varphi\varphi)_2 \qquad h = {}^1/_2\,(\psi\psi)_2 \qquad k = (\varphi\psi)_2,$$

on a les invariants simultanés:

$$A = {}^1/_2\,(gg)_2 \qquad B = {}^1/_2\,(hh)_2 \qquad C = (gh)_2$$
$$D = (gk)_2 \qquad E = (hk)_2 \qquad F = {}^1/_2\,(kk)_2 \qquad J = (\varphi\psi)_3$$

$$K = \begin{vmatrix} g_0 & g_1 & g_2 \\ k_0 & k_1 & k_2 \\ h_0 & h_1 & h_2 \end{vmatrix},$$

g_0, g_1, g_2 étant les coefficients de la forme quadratique g, ainsi de suite.

Entre ces invariants on a la relation connue:

$$J^2 = 8\,C - 4\,F,$$

ainsi ils se reduisent à sept.

α, β étant deux formes quadratiques, on a le système:

$$\alpha,\ \beta,\ (\alpha\beta) = \gamma; \quad {}^1/_2\,(\alpha\alpha)_2 = a, \quad {}^1/_2\,(\beta\beta)_2 = b, \quad (\alpha\beta)_2 = c$$

et, comme il est connu:

$$\gamma^2 = c\alpha\beta - a\beta^2 - b\alpha^2.$$

Or l' on trouve que:

$$A = -\frac{1}{3^3}\,a\alpha^2, \qquad B = -\frac{1}{3^3}\,b\beta^2, \qquad C = \frac{1}{3^4}\,(4\gamma^2 - 3c\alpha\beta)$$

$$D = -\frac{1}{3^3}\,(c\alpha + 2a\beta)\alpha, \qquad E = -\frac{1}{3^3}(c\beta + 2b\alpha)\beta, \qquad J = -\frac{2}{3}\,\gamma,$$

enfin:

$$K = -\frac{4}{3^6}\,\gamma^3.$$

En conséquence si les équations $\varphi = o$, $\psi = o$ ont une racine commune; on a entre les invariants simultanés des formes cubiques φ, ψ les deux relations:

$$K = \frac{1}{2 \cdot 3^3}\,J^3$$

$$CJ^2 + 2\,DE - 8\,AB - 6C^2 = \frac{1}{3^3}\,J^4 = 2\,KJ.$$

La seconde doit être exclue parceque elle réproduit une relation connue entre les invariants simultanés de deux formes cubiques (Clebsch — Theorie der binären algebraischen Formen — pag. 227); l' autre, en se rappellant que:

$$R = 54K - J^3$$

étant R le resultant des formes φ, ψ démontre que $R = o$.

Si enfin l' on considère la forme biquadratique:

$$\vartheta = (\varphi\psi)$$

et l' on pose avec Mr. Gordan*):

$$\Theta = \frac{1}{2} (\vartheta\vartheta)_2 - \frac{1}{3 \cdot 4} J\vartheta$$

on a:

$$(\Theta, \vartheta)_4 = o$$

ou encore $R = o$; et l' on arrive de nouveau à ce résultat en observant que les invariants i, j de ϑ ont les valeurs (Clebsch, pag. 96)

$$i = \frac{1}{3 \cdot 4} J^2, \qquad j = \frac{1}{8 \cdot 3^3} J^3.$$

Supposons maintenant que les équations $\alpha(x) = o$, $\beta(x) = o$ aient une racine commune z, et en conséquence les deux équations $\varphi(x) = o$, $\psi(x) = o$ deux racines différentes communes. On aura:

$$4ab - c^2 = o$$

et entre les invariants simultanés des formes φ, ψ les trois relations:

$$R = o, \quad A\,(8 \cdot 3^2C - 5J^2) = 9D^2, \quad B\,(8 \cdot 3^2C - 5J^2) = 9E^2.$$

Milan, le 29. Décembre 1895.

---

*) Gordan, Ueber die Bildung der Resultante zweier Gleichungen. Mathe. Annalen Bd. 3 pag. 383.

Zur Note: „M. Noether, Ueber den gemeinsamen Factor zweier binären Formen". *)

Von Prof. Dr. J. Lüroth in Freiburg i/B., corresp. Mitglied der Societät.

(Auszug aus einem Schreiben an Herrn Noether.)

. . . . . In No. 5 jener Note heisst es: „Aus V ergibt sich, als unmittelbare Erweiterung jenes Satzes . . . ". Gegen dieses „unmittelbar" habe ich ein kleines Bedenken; dagegen kann man so vorgehen:

Aus $D_\varrho = o$ folgt

$$\text{a)}\quad X_{\varrho-1} = P^1_{n-\varrho-1} \cdot \varphi + Q^1_{m-\varrho-1} \cdot \psi,$$

aus $D_{\varrho+1} = o$:

$$\text{b)}\quad X_\varrho = P^1_{n-\varrho-2} \cdot \varphi + Q^1_{m-\varrho-2} \cdot \psi.$$

Diese Gleichungen liefern

$$X_{\varrho-1}\, Q^1_{m-\varrho-2} - X_\varrho\, Q^1_{m-\varrho-1} =$$
$$= (P^1_{n-\varrho-1}\, Q^1_{m-\varrho-2} - P^1_{n-\varrho-2}\, Q^1_{m-\varrho-1}) \cdot \varphi.$$

Da die Function links höchstens vom $(m-1)^{\text{ten}}$ Grade, die rechts mindestens vom m^{ten} Grade, so müssen beide Seiten Null sein:

$$X_\varrho\, Q^1_{m-\varrho-1} = X_{\varrho-1}\, Q^1_{m-\varrho-2},$$

und ebenso

$$X_\varrho\, P^1_{n-\varrho-1} = X_{\varrho-1}\, P^1_{n-\varrho-2}.$$

Wäre nun X_ϱ wirklich vom ϱ^{ten} Grade, so könnten $P^1_{n-\varrho-1}$ und $Q^1_{m-\varrho-1}$ nur von den Graden $n-\varrho-3$, $m-\varrho-3$ höchstens sein, und die zu beweisende Relation VII wäre für $\sigma=\varrho+1$ in a) bewiesen. Wäre aber X_ϱ von niedrigerem als dem ϱ^{ten} Grade, so wäre b) eben die zu beweisende Relation für $\sigma=\varrho+1$. U. s. w.

Freiburg i/B., 1896, Jan. 24.

---

*) Diese Sitzungsberichte, Heft 27, S. 110, Sitzung v. 12. Nov. 1895.

J. Pauer, Über die Absorptionsspektra einiger Verbindungen im dampfförmigen und flüssigen Zustand[1]).

Vorgelegt von E. Wiedemann.

(Vorgetragen in der Sitzung am 8. Juli 1895).

Während die Absorptionsspektra von festen und flüssigen Körpern, sowie von Lösungen vielfach untersucht worden sind, liegen über diejenigen der Dämpfe noch relativ wenig Arbeiten vor, trotzdem gerade ihre Bearbeitung manche wichtigen Aufschlüsse, so z. B. über die Beziehung zwischen Absorption und Konstitution der Verbindungen verspricht.

Um die hier auftretenden Probleme einer Lösung zuzuführen, habe ich auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. E Wiedemann die Absorptionsspektra einer Reihe von Substanzen im dampfförmigen, flüssigen und gelösten Zustande untersucht.

Die betreffenden Körper sind farblos; ihre Absorptionsspektra liegen im Ultraviolett. Sie wurden daher auf photographischem Wege ermittelt, der hier leichter und sicherer zum Ziele führt, als irgend ein andrer. Dies ist zur Zeit ganz besonders der Fall, seitdem man mittelst der für das ultraviolette Gebiet achromatisierten Quarz-Flussspath-Objektive[2]) einen sehr grossen Bereich des Ultraviolett auf ein und derselben Platte scharf aufnehmen kann.

Die Versuchsanordnung war die folgende: Als Linsen eines grossen Spektralapparates[3]) dienten achromatische Quarz-Flussspath-Objektive (32 cm Brennweite, 2 cm Öffnung), welche die Firma Carl Zeiss in Jena in bereitwilligster Weise hergestellt hatte. Die mit

---

1) Die vollständige Arbeit wird demnächst in Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie erscheinen.

2) Vgl. H. Simon, Wied. Ann. 53. p. 544. Zunächst hatte mir Herr Dr. Simon die dort beschriebenen Quarz-Flussspath-Achromate gütigst zur Verfügung gestellt.

3) Vgl. J. Acworth, Wied. Ann. 42. p. 371.

ihnen aufgenommenen Spektren waren ausgezeichnet scharf. Als Prisma diente ein Doppelprisma aus Quarz von 60° brechendem Winkel; es bestand nach Cornu aus je einem rechts und links drehenden rechtwinkligen Prisma von 30°. Die optische Axe stand senkrecht zu der an dem Winkel von 30° anliegenden Kathete; so wurde die Doppelbrechung in Folge der Drehung der Polarisationsebene vermieden. An Stelle des Fadenkreuzes wurde eine kleine Camera mit Schiebekassette angebracht, in der unteinander 8 Spektren von je 8 mm Breite aufgenommen werden konnten. Als Lichtquellen dienten meist die zwischen Cd-Elektroden überspringenden Funken einer grossen Leidener Flasche; dieselbe wurde von einem mittelgrossen Induktorium geladen, welches durch 3 Accumulatoren gespeist wurde. Die Flüssigkeiten befanden sich in einem Trog mit Quarzwänden; der innere Abstand derselben betrug 10 mm; durch Einsenken entsprechend dicker planparalleler Quarzkörper konnte die Schichtdicke bis auf 1 mm verringert werden. — Die Dämpfe wurden in längeren, am Ende durch Quarzplatten verschlossenen Glasröhren (bis 400 mm) untersucht. An dieselben waren seitlich zwei Glasröhren und angesetzt. Die Flüssigkeiten brachte man in eine Art von Liebigschen Kaliapparat und leitete durch sie mittelst einer Wasserstrahlluftpumpe einen Luftstrom, der bei dem einen Rohr in das Absorptionsgefäss ein-, bei dem andern aus ihm austrat. Bei einigen der untersuchten Substanzen ist bei gewöhnlicher Temperatur die Dampfspannung zu gering, als dass in der Schicht von 400 mm sich eine merkliche Absorption beobachten liesse. In diesem Falle wurde der Apparat mit der Flüssigkeit und der Absorptionsröhre in einem passenden Erwärmungsapparat auf höhere Temperaturen (bis 80°) erhitzt. Ein Thermostat hielt die Temperatur konstant. Durch Änderung der Temperatur konnte die Dampfmenge und damit die Grösse der Absorption passend verändert werden.

Zur Untersuchung gelangten: Benzol, Toluol, o, m, p Xylol, Aethylbenzol, Chlorbenzol, Brombenzol, Jodbenzol, Nitrobenzol, Amidobenzol, Schwefelkohlenstoff, Azobenzol, Amidoazobenzol, Pyridin, Thiophen, Anthracen, Naphthalin.

Die Versuche ergaben für die einzelnen Substanzen folgende Resultate:

Substanz	im flüssigen Zustand	im dampfförmigen Zustand
Benzol	4 Streifen zwischen Cd_{17} und Cd_{22}, deren Wellenlängen ungefähr 262,257, 250, 245 $\mu\mu$ sind. Verdünnung $^1/_{50000}$ gr mol.	Die Streifen lösen sich in Gruppen von Linien auf, die einen untereinander übereinstimmenden, charakteristischen Typus repräsentieren.
Toluol	3 Streifen zwischen Cd_{17} und Cd_{20}. Verdünnung $^1/_{20000}$ gr mol.	Die Streifen sind in einzelne Linien aufgelöst, die aber keine Regelmässigkeit, wie das Benzol, erkennen lassen.
o Xylol	2 verwaschene Streifen zwischen Cd_{17} und Cd_{18}. Verdünnung $^1/_{20000}$ gr mol.	Andeutung von zwei verwaschenen Linien.
m Xylol	2 scharfe und 2 verwaschene Streifen zwischen Cd_{17} und Cd_{18}. $^1/_{20000}$	Die 3 letzten Streifen werden schärfer. Der erste löst sich in 4 Linien auf.
p Xylol	5 Streifen, davon 4 deutlich, 1 schwach, in der Gegend von Cd_{17} bis Cd_{18}. $^1/_{20000}$	Die Streifen lösen sich in Linien auf.
Aethylbenzol	3 Streifen wie Toluol, doch gegen die Toluolstreifen schwach verschoben. $^1/_{20000}$	3 scharf definierte Streifen und Andeutung von Linien.
Chlorbenzol	5 ziemlich verwaschene Streifen zwischen Cd_{17} und Cd_{20}.	Die Streifen sind schärfer, zum Teil in Linien aufgelöst.
Brombenzol	5 verwaschene Streifen zwischen Cd_{17} und Cd_{20}.	Die Streifen sind zum Teil in feine Linien aufgelöst.
Jodbenzol	Verwaschene vollständige Absorption von Cd_{15} an.	Verwaschene Absorption von Cd_{15} bis Cd_{19}. Andeutung von 2 Linien bei Cd_{18}.

Substanz	im flüssigen Zustand	im dampfförmigen Zustand
Nitrobenzol	Absorption von Cd_{12} an.	Keine Streifen, sondern continuierliche Absorption, welche mit Erhöhung der Verdampfungstemperatur immer weiter nach dem Rot hinübergreift.
Amidobenzol	Absorption von Cd_{14} an.	Linienspektrum zwischen Cd_{15} bis Cd_{17}.
Schwefelkohlenstoff	Absorption von Cd_{8} an.	Linienspektrum von ungefähr 25 zum Teil sehr scharfen Linien zwischen Cd_{12} und Cd_{14}.
Azobenzol Amidoazobenzol Pyridin Thiophen	Nur in Lösung untersucht. Sie zeigen eine sehr starke Absorption schon im Beginne des Ultraviolett.	
Anthracen	4 Streifen ungefähr um die Wellenlängen 378, 360, 343, 329 $\mu\mu$.	
Naphthalin	4 Streifen ungefähr um die Wellenlängen 285, 273, 263, 255 $\mu\mu$.	

Eine genaue Angabe der Wellenlängen etc. ist der vollständigen ausführlichen Abhandlung vorbehalten.

Aus diesen und einigen anderen Versuchen ergeben sich folgende Resultate:

1) Alle untersuchten Substanzen zeigen im Flüssigkeitszustand und in Lösungen von geeigneter Konzentration eine Reihe von Absorptionsbanden oder -Streifen, meist in der Gegend der Cd-Linien Nr. 17 bis Nr. 20 (Mascart'scher Bezeichnung).

2) Vergleicht man die Absorptionsspektren derselben Substanz in verschiedenen Lösungsmitteln, so verschieben sich dieselben um so mehr nach dem Rot, je grösser der Brechungsindex oder die Dispersion des Lösungsmittels ist.

Es gilt also die Kundt'sche Regel. Wir haben es hier mit relativ einfachen Verhältnissen zu thun, da keine elektrolytische Dissociation der untersuchten Substanzen eintreten kann.

Untersucht ist so:

Benzol in

Wasser, Alkohol, Äther, Essigsäure, Amylacetat, Chloroform.

Schwefelkohlenstoff in

Wasser, Alkohol, Äther, Chloroform, Benzol, Bromoform.

Die Lösungsmittel sind geordnet nach ihrem Brechungsexponenten in zunehmender Reihe. Demnach sind die Absorptionsstreifen bei jedem folgenden weiter nach dem weniger brechbaren Ende hin verschoben, wie beim vorhergehenden. Besonders deutlich ist zu bemerken eine Verschiebung der Benzolstreifen in Chloroform, der Schwefelkohlenstoffbande in Bromoform und Benzol.

3a) Die Absorptionsspektra der Dämpfe bestehen aus einzelnen Linien oder Liniengruppen, welche beim Übergang der Körper in den flüssigen Zustand in eine oder mehrere breite Banden zusammenfliessen.

Als besonders charakteristische Beispiele für die Absorptionslinienspektra der Dämpfe seien die des Benzols, Toluols und des Schwefelkohlenstoffs erwähnt.

Als Ausgangssubstanz der später untersuchten Homologen hatte Benzol ein besonderes Interesse. Sein Absorptionsspektrum lohnte eine eingehende Untersuchung auch durch seinen ausnehmend bemerkenswerten Bau. Bei sehr grosser Verdünnung nämlich zeigt der Benzoldampf 4 ganz scharfe und einige schwächere Absorptionslinien. An jede dieser Linien reihen sich bei wachsender Konzentration des Dampfes mehr und mehr Linien nach der weniger brechbaren Seite hin an, bis sie zuletzt 4 Liniengruppen zu ungefähr 6 Linien von demselben charakteristischen, regelmässig wiederkehrenden Typus bilden. Bei noch stärkerer Konzentration tritt eine scharfe typische Linie zwischen Cd_{17} und Cd_{18} hervor, ausserdem unregelmässig verteilte scharfe Linien auf der

brechbareren Seite. Von den letzteren ist typisch eine Linie dicht vor Cd_{22} ($\lambda = 232{,}6\ \mu\mu$).

Ähnliche Regelmässigkeiten charakteristischer Liniengruppen, wie beim Benzol, waren bei den übrigen Substanzen nicht in demselben Masse zu erkennen.

3b) Vergleicht man die Lage der Banden der flüssigen Körper mit denjenigen der ihnen im dampfförmigen Zustande entsprechenden Liniengruppen, so ergibt sich, dass der Schwerpunkt der letzteren durchgehend nach dem brechbareren Teile des Spektrums verschoben ist.

Da man jeden Körper als eine Lösung in sich selbst auffassen kann, so entspricht dies der geeignet erweiterten Kundt'schen Regel.

4) Ein durchgreifender Einfluss der Konstitution auf die Absorptionsstreifen der Benzolderivate im dampfförmigen Zustand hat sich bisher noch nicht nachweisen lassen.

Während hier einzelne Banden verschwinden, treten dort neue auf; soweit die Beobachtungen bisher gedeutet werden konnten, scheint sich der ganze Charakter der Absorption mit der Substitution einzelner H-Atome völlig zu verändern. Bei Nitrobenzol und Jodbenzol treten im gasförmigen Zustand überhaupt keine Linien auf.

Auch bei mehrfacher Ringbildung z. B. beim Naphthalin und Anthracen liess sich keine einfache Regelmässigkeit erkennen. Benzol, Naphthalin und Anthracen besitzen im gelösten Zustand je 4 Banden, welche, wie schon Hartley gezeigt hat, um so weiter nach dem Rot liegen, je grösser das Molekulargewicht ist.

Überhaupt bestätigen sich im Grossen und Ganzen auch bei den Dämpfen die von Hartley für die gelösten Substanzen gewonnenen Resultate.

Beim Pyridin ändert die Substitution des N an Stelle eines CH den Charakter des Benzolspektrums vollständig.

Auf die Einzelheiten soll in der ausführlicheren Abhandlung zurückgekommen werden.

5) Die Absorption im Benzol und den kohlenstoffreichern Substitutionsprodukten ist eine ganz ausserordentlich intensive; sie entspricht in der Grössenordnung der Metallabsorption.

Benzol z. B. zeigt seine 5 Grundlinien bis zu einem sehr hohen Grad von Verdünnung. Schon spurenweise zufällige Ver-

unreinigungen der Luft mit Benzoldämpfen machten sich durch die charakteristischen 5 Linien bemerkbar.

Beim Anthracen zeigt sich selbst bei Verdünnung auf $1:5.10^7$ Teile in einer Schicht von 20 mm eine deutliche Absorption.

6) Das Absorptionsspektrum des Schwefelkohlenstoffdampfes liegt bei 340—300 $\mu\mu$; seine kontinuierliche Absorption beginnt bei 258 $\mu\mu$. Berechnet man nach der Helmholtz'schen Theorie aus den Dispersionsconstanten des Schwefelkohlenstoffs die Lage seines Absorptionsstreifens, so ergibt sich $\lambda_m = \sqrt{343{,}492} = 185{,}335\ \mu\mu$, durchaus abweichend von der experimentell ermittelten Lage[1]).

---

1) Vgl. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik IV. Aufl. Bd. 2, Seite 168.

Spectralbeobachtungen an verdünnten Dämpfen von Metallen und Verbindungen.

Von E. Wiedemann und G. C. Schmidt.

(Vorgetragen in der Sitzung am 12. November 1895.)

Im Anschluss an die früher beschriebenen Versuche über die Fluorescenz der Metalldämpfe schien es von Interesse, auch deren Electroluminescenz-Spectren genauer zu untersuchen, schon um eventuell die Bedingungen aufzufinden, unter denen hier den Fluorescenzspectren entsprechende Spectren auftreten.

Eine Reihe allgemeiner Betrachtungen, eine Beschreibung der angewandten Methoden sowie die Besprechung der wichtigsten Versuchs-Ergebnisse sind im Folgenden enthalten. Eine Durchmessung der unter den verschiedenen Umständen auftretenden Spectren und eine Bestimmung der relativen Helligkeit der einzelnen Spectrallinien in denselben wird später mitgeteilt werden.

A. Allgemeines über Anregung der Gase zum Leuchten.

Bei der Untersuchung der Metallspectren in Flammen, im Flammenbogen, im Funken liegen die Verhältnisse, unter denen die Lichtemission stattfindet, fast unübersehbar verwickelt. In der Flamme kann man wohl durch Verwendung des Gouy-Ebert'schen Zerstäubers die Mengen des leuchtenden Metalles konstant erhalten oder in messbarer Weise verändern, das Leuchten ist aber teils durch chemische Prozesse bedingt (eine Chemiluminescenz), teils durch die Temperaturerhöhung. Im Flammenbogen ändert sich zwar mit veränderter Intensität des Stromes nicht die Temperatur der Kohlen, die gleich der Verdampfungstemperatur des Kohlenstoffes ist, wohl aber die Temperatur des Flammenbogens selbst und damit das Emissionsvermögen der eingeführten Substanz, ferner nimmt mit der Intensität des Stromes die Menge der verdampfenden Substanz zu. An verschiedenen Stellen des Flammenbogens ist nicht nur die Temperatur eine verschiedene,

sondern es finden auch verschiedene Arten der Erregung statt. Beim Funken endlich ändert sich bei Veränderung der Funkenstrecke, bei Einschaltung von Kapacitäten etc. die Intensität der Erregung des Metalldampfes, die Temperatur und die Menge des Metalldampfes, die Art der erregenden Schwingungen. Ganz besonders kompliciert werden die Verhältnisse, falls als Elektricitätsquelle ein Inductorium dient, das in der einen oder anderen Art mit Belegen einer Batterie verbunden ist, indem hier auf eine erste starke Entladung eine ganze Schaar anderer schwächerer folgt und neben dem Funken noch eine Aureole vorhanden ist. Man kann in gewisser Hinsicht in Bezug auf die Entladungsvorgänge das Inductorium als eine Influenzmaschine auffassen, die mit einer grossen galvanischen Batterie verbunden ist.

Einfacher und leichter zu übersehen sind die Verhältnisse in Entladungsröhren bei Anwendung der Influenzmaschine. Hier erhalten wir bei konstantem Druck die Zahl der erregten Teilchen konstant. Setzen wir die Röhren aus verschieden weiten Teilen zusammen, so ist in ihnen die Erwärmung, d. h. die Energieabgabe auf der Längeneinheit nahe die gleiche; die Energieabgabe pro Gewichtseinheit, also auch pro Molekül, ist umgekehrt proportional dem Querschnitt der Röhre. Aus der abgegebenen Energie können wir die mittlere Temperaturerhöhung des Gases wenigstens der Grössenordnung nach schätzen. Da bei Einschaltung von Funkenstrecken und gleichbleibender durchgehender gesamter Elektricitätsmenge die Wärmeentwicklung unter bestimmten Umständen nicht sehr von der eingeschalteten Funkenstrecke abhängt, so ist in ihnen die bei jeder Entladung abgegebene Energiemenge umgekehrt proportional der Zahl der Funken; wir können also durch Einschaltung von immer grösseren Funkenstrecken in einen gegebenen Stromkreis, also bei Verminderung der Zahl der Funken, die bei jedem einzelnen Funken abgegebene Wärmemenge und damit die durch jeden einzelnen bewirkte Temperaturerhöhung ganz ausnehmend steigern, vor allem auch, wenn wir Leydener Flaschen anhängen.

Durch die neuen Untersuchungen über schnelle elektrische Schwingungen und die Erregbarkeit der Gase durch dieselben können wir in bestimmter Weise die Art der Anregung verändern und dem Gas Erregungen bestimmter Form und wechselnder Intensität zuführen.

Die einfachsten Verhältnisse haben wir in gewisser Hinsicht, wenn wir einer Entladungsröhre die Schwingungen am Ende eines überbrückten Lecher'schen Drahtsystemes zuführen. Die Periode der von aussen kommenden Schwingungen, die sehr schwach gedämpft sind, ist eine durch die Dimensionen des Systems gegebene. Ihre Amplitude und ihre Wirksamkeit lässt sich durch Vergrössern der primären Funkenstrecke verändern. Verbindet man die Condensatorplatten des Endcondensators nicht mit Electroden im Rohr, sondern stellt dieselben so auf, dass die Axe des Entladungsrohres parallel der Axe des Condensators steht, so kann man durch Annähern und Entfernen der letzteren die Stärke der Anregung in weiten Grenzen verändern.

Die Energie jeder einzelnen der erregenden Schwingungen ist im letzteren Falle eine ausnehmend kleine.

Zu beachten ist, dass sicherlich in den engen und weiten Teilen eines Entladungsrohres lokale Schwingungen von ganz verschiedener Periode entstehen, die auf die Entwicklung der Spectren von grossem Einfluss sein können. Es steht dies im Einklang mit den Ergebnissen von Versuchen an Drähten, in denen sich auch solche lokale Schwingungen ausbilden. In der That ist der Abstand der Schichten in weiten Röhren viel grösser als in engen und dürfte wohl aller Grund vorliegen, dieselben als das Resultat stehender Wellen anzusehen, die in dem Gase auftreten.

Vor allem muss man bei der Lichtemission sorgfältig unterscheiden, zwischen höherer Temperatur und stärkerer Erregung. Es kann die Intensität der Erregung sehr wesentlich wachsen, ohne dass doch die Temperatur sehr starke Steigerungen aufweist, da wir es häufig mit Luminescenzphänomenen zu thun haben. Lassen wir an Stelle von Entladungen ohne Condensatoren solche mit Condensatoren treten, so ändern wir primär die auf die Gasmoleküle übertragenen Energiemengen und sekundär erst die Temperatur, die durch Strahlung ausgesandte Energie kann dabei sehr viel grösser sein, als der Temperatur entspricht und zwischen den einzelnen Formen der strahlenden Energie können die allergrössten Unterschiede bestehen, da eben die ganze Art der Erregung eine verschiedene sein kann.

Bei der Anregung durch das Licht haben die erregenden Schwingungen kleine Amplituden, ihre Schwingungsdauern sind aber wie z. B. bei der Erzeugung der Fluorescenz von derselben

Grössenordnung wie diejenigen der ausgesandten Schwingungen. — Bei der Erregung durch Entladungen sind es, wenn man die Schichten als Interferenzflächen stehender Schwingungen betrachtet, Schwingungen mit einer Schwingungszahl $n = 3 . 10^{10}/sec$.

Verbinden wir die Electroden mit einem Inductorium, oder hängen Condensatoren an, so sind die erregenden Schwingungen primär von viel grösserer Schwingungsdauer oder Wellenlänge. Dasselbe ist der Fall, wenn wir das Lecher'sche Drahtsystem verwenden, wobei freilich nicht ausgeschlossen ist, dass diese ursprünglichen langen Wellen sich im Rohr in kurze Wellen transformieren. Hierfür spricht das Auftreten von Schichten in Entladungsröhren, die in dem Hochfrequenzfeld des Lecher'schen Drahtsystems sich befinden. Analogien finden sich zahlreich in der Akustik.

Arbeiten über die Spectra von Metallen und deren Verbindungen in der Flamme, dem Flammenbogen im Funken, liegen in sehr grosser Zahl vor, dagegen fehlen solche über die Spectra dieser Substanzen in Entladungsröhren noch fast gänzlich.

Zu erwähnen wären u. a. diejenigen von Ciamician, diejenigen von Lockyer, der aber nur die Spectra von wenigen besonders leicht flüchtigen Metallen untersuchte und von A. Michelson, der die in Entladungsröhren sich entwickelnden Cadmiumlinien, Quecksilberlinien etc. zu metrologischen Bestimmungen benutzte.

Bei den Anordnungen aller dieser Forscher waren die Electroden direkt in das Entladungsrohr eingeschmolzen. Dadurch wurden aber schon bei den relativ leicht flüchtigen Metallen, wie Natrium und Kalium, die Beobachtungen schwer durchführbar, da die Röhren an der Einschmelzstelle leicht springen.

Während ferner durch eine Reihe ganz vorzüglicher Arbeiten die Wellenlängen der einzelnen in Spectren auftretenden Linien mit grosser Genauigkeit festgestellt und wichtige Beziehungen zwischen diesen Wellenlängen aufgefunden sind, so mangeln über die Bedingungen, unter denen die verschiedenen Spectra auftreten, noch vielfach systematische Untersuchungen.

B. Unterschiede in den Spectren.

Oft ist ein Unterschied zwischen den Spectren des Funkens und des Flammenbogens vorhanden. Bei Mg, Ca, Sr, Ba ist er

relativ gering und betrifft hauptsächlich die verschiedene Intensität einzelner Linien. Bei Zn, Cd, Hg aber sind die Unterschiede ausnehmend gross, so dass die stärksten Linien des einen Spectrums dem anderen fehlen. Im Bogenspectrum dominieren die Triplets, im Funkenspectrum treten sie stark zurück. Ob der Unterschied nur an der Temperatur liegt, oder ob im Inductionsfunken den Schwingungen Zwang angethan wird, lassen Kayser und Runge dahingestellt. Vgl. hierzu u. A. Liveing und H. Kayser und C. Runge Wied. Ann. 43 pag. 387, 1891.

Eine Entscheidung in dieser Richtung lässt sich aus Versuchen in Entladungsröhren gewinnen. Besteht ein Entladungsrohr aus einem engen und einen weiteren Teil, die durch ein konisches Stück verbunden sind, so ist im Allgemeinen die Anregung in beiden verschiedenen Teilen eine ähnliche, im engen Teile ist sie nur stärker als im weiten. Ist nun bei beiden Teilen ein Linienspectrum zu sehen und treten im engen Teile Linien auf, die im weiten fehlen, so ist dies ein Zeichen dafür, dass hauptsächlich die Stärke der Erregung eine Rolle spielt und nicht die Form der Anregung. Treten neben dem Linienspectrum in den beiden Teilen in ihnen noch wesentlich verschiedene Spectraltypen auf, so können diese entweder durch eine verschiedene Art der Anregung bedingt sein, oder aber durch Aenderungen im Bau der Moleküle.

Bei Zink und Cadmium konnten wir nachweisen, dass bei konstantem Dampfdruck das Linienspectrum des Cadmiums in dem weiten Teil ganz allmählich in dasjenige im engen Teil übergeht, indem zu den in dem weiten Teil sichtbaren Linien, die dem Flammenbogenspectrum entsprechen, im engen Teil die dem Funkenspectrum entsprechenden sich zugesellen.

Hier würden also die neu hinzukommenden Linien einer stärkeren Erregung ohne Aenderung in der Structur des schwingenden Gebildes entsprechen.

Für die Zusammenfassung und richtige Gruppierung der in den Spectren auftretenden Linien in Gruppen, wie sie sich für die Dublets und Triplets ohne weiteres ergiebt, ist eine systematische Untersuchung der in den verschieden weiten Teilen des Rohres auftretenden Linien von grosser Bedeutung, da sich wahrscheinlich die bei stärkeren Erregungen auftretenden Linien den bei niedrigeren vorhandenen als Oberschwingungen zuordnen. Zu ähn-

lichen Resultaten dürfte eine Vergleichung der Spectra in den verschiedenen Schichten des Kathodenlichtes und des positiven Lichtes führen.

Aenderungen im Bau der Moleküle treten sicher bei zwei- und mehratomigen Gasen ein, wo durch die starke Energiezufuhr im engen Teil die Moleküle zerfallen und die Atome zum Leuchten gebracht werden, während im weiten Teil die unzerlegten Moleküle leuchten.

Aber auch bei einatomigen Gasen ist denkbar, dass durch die bei einer jeden Entladung zugeführte Energie der Bau der Moleküle und Atome resp. die Beziehungen zwischen deren materiellen Teilen und den die Lichtemission vermittelnden, den Aetherhüllen oder Valenzladungen so verändert wird, dass im weiteren Verlauf der Entladung die ausgelösten Bewegungen ganz andere sind als am Anfang. Dieser Einfluss der Erregung ist im Allgemeinen um so grösser, je stärker die Erregung selbst ist.

Eine wirkliche Temperatursteigerung des Gases ist aber während jeder einzelnen Entladung durch eine Umwandlung der zunächst erzeugten intramolekularen Energie in translatorische kaum anzunehmen.

Mannigfache Versuche haben ergeben, dass die Zeitdauer einer Entladung kleiner als 10^{-6} Sek. sein kann. Wir wollen sie etwa 10^{-7} Sek. setzen. Im Mittel ist für zahlreiche Gase die Geschwindigkeit bei 0^0 5.10^4 cm, die mittlere Weglänge l bei Atmosphärendruck $l = 10^{-5}$ cm, bei dem Druck in Entladungsröhren von 10^{-3} mm und $l = 10^{-2}$ cm. Die Zeit zwischen 2 Zusammenstössen ist dann $10^{-2}/5.10^{-4} = 2.10^{-7}$ Sek. Diese Zeit ist etwa ebenso gross wie die Gesamtdauer der einzelnen Entladung. Es findet also während derselben nur ein Zusammenstoss statt, bei dem keine grosse Transformation von intramolekularer Energie in translatorische stattfinden, also keine grosse Temperatursteigerung eintreten kann.

Eine Aenderung im Bau, also auch eine besondere Art der Anregung müssen wir in den Fällen annehmen, wo Spectra von ganz verschiedenem Charakter bei Aenderung der Intensität der erregenden Ursache etwa in den verschieden weiten Teilen oder in demselben Teil des Entladungsrohres auftreten.

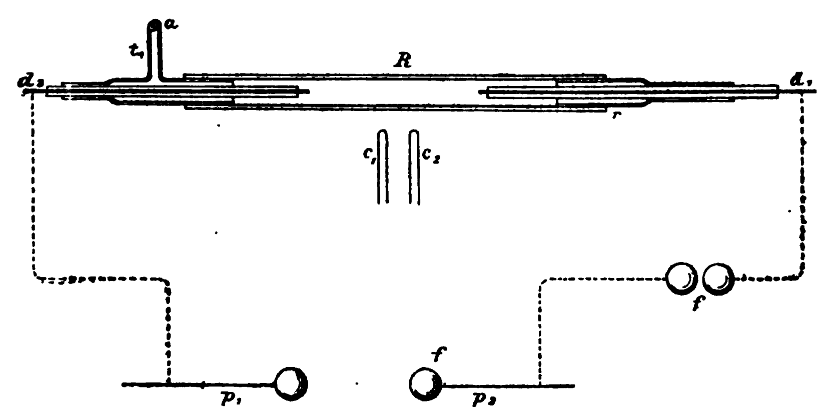
Der auffälligste Unterschied besteht darin, dass im weiten Teil ein Banden-Spectrum, im engen Teil ein Linien-Spectrum

auftritt, entsprechend der Umwandlung der Moleküle in Atome. Aber auch bei einatomigen Gasen zeigen sich grosse Differenzen im Charakter der Spectra bei verschiedener Erregung, so, wie wir unten sehen werden, bei Natrium, Kalium, Zink, Cadmium und vor allem bei dem Quecksilber. Da das letztere der Untersuchung besonders leicht zugänglich ist, so sind hier auch die Veränderungen schon früher, vor allem von Eder und Valenta am ausgiebigsten untersucht und je nach den Umständen die mannigfachsten Spectralerscheinungen gefunden worden.

Eine ganz andere Art der Anregung ist ferner anzunehmen, wenn bei einatomigen Gasen breite, den Fluorescenzbanden entsprechende Banden auftreten; hier dürfte wirklich eine der letzteren entsprechende Lichtemission vorhanden sein.

C. Erzeugung von Metallspectren in verdünnten Metalldämpfen.

Zur Erzeugung von Metallspectren in einem Entladungsrohr dienten die folgenden zwei Anordnungen:



I. In das eine Ende einer je nach den Umständen verschieden weiten Röhre R aus schwer schmelzbarem Glas wurde ein Rohr aus weichem Glase, in das andere Ende ein Stück t_1 gekittet. Durch a stand t_1 mit der Quecksilberpumpe in Verbindung. In d_1 und d_2 waren bis zur Spitze mit Glasröhren umgebene Metalldrähte eingekittet. Bei manchen Versuchen wurde R durch Ausziehen an einer Stelle zu einem Capillarrohr verengt.

In das Rohr R brachte man vor dem Einkitten von d_1 das zu untersuchende Metall. Je nach der Art der in Betracht kom-

menden elektrischen Erregung konnten folgende Schaltungen vorgenommen werden:

1) Der von dem einen Pol p_2 der Influenzmaschine kommende Strom ging durch ein Funkenmikrometer f, den Draht d_1, das Gas in R, den Draht d_2 zu dem anderen Pol der Maschine p.

2) Manchmal bildeten die Drähte d_1 und d_2 die Enden eines überbrückten oder nicht überbrückten Lecher'schen Drahtsystems.

3) Sollten besonders schwache Erregungen verwandt werden, so wurden die Endcondensatoren des Lecher'schen Systems in die durch c_1 und c_2 angedeutete Stellung gebracht. Durch Annähern und Entfernen derselben von dem Rohr, durch Ueberbrücken des Systems, durch Verschieben der Brücke konnte die Stärke der Erregung verändert werden.

In diesem Fall waren natürlich die Drähte d_1 und d_2 unverbunden.

Dieselbe Anordnung kann man auch verwenden, um Spectra bei Längsdurchsicht zu untersuchen. Dann kittet man das Rohr R in ein weiteres T-Stück ein, dessen einer Arm durch eine planparallele Glas- oder Quarzplatte verschlossen ist, und in dessen seitlichen Schenkel in passender Weise der Zuleitungsdraht eingekittet wird. Bei dieser Anordnung ist störend, dass nicht nur die von den leuchtenden Metalldämpfen ausgehenden Strahlen in den Spectralapparat gelangen, sondern auch aus dem nicht erhitzten Teil solche des neben den letzteren in dem Rohr befindlichen Gases. Dieser Missstand lässt sich vermeiden, wenn man die mit den Polen der Maschine verbundenen Electroden seitlich an die erhitzten Wände anlegt; eventuell kann man letztere als Enden des Lecher'schen Drahtsystems benutzen.

Die eben beschriebene Anordnung ermöglicht, bei Anwendung der Influenzmaschine als Elektricitätsquelle die Spectra der verschiedenen Substanzen unter genau bestimmten und in übersehbarer Weise veränderlichen Bedingungen zu untersuchen, indem durch Veränderung des Druckes, der Rohrweite, der Funkenstrecke und Einschalten von Leydener Flaschen die bei jeder Entladung zugeführte Energiemenge wechselt.

Bei der Durchführung unserer Versuche unterstützten uns wesentlich die Beobachtungen von Kahlbaum über die Verdampfbarkeit verschiedener Metalle im Vacuum und unsere eigenen über das Verhalten verdünnter Gase, die von Leitern umgeben

sind, unter dem Einfluss von elektrischen Entladungen und Schwingungen.

In Bezug auf den letzteren Punkt beschränken wir uns auf die Mitteilung der speziell bei den vorliegenden Versuchen in Betracht kommenden Thatsachen.

Das Rohr R wird erhitzt, während d_1 und d_2 mit der Maschine verbunden sind und keine Funkenstrecke eingeschaltet ist. Die Entladung geht dann von d_1 im Gase bis zur erhitzten Stelle, dort tritt sie in das heisse Glas, strömt in diesem bis an die Stelle, wo das Glas wieder kalt ist und dann durch das Gas nach d_2. An der heissen Stelle ist das Gas dunkel. Schaltet man eine Funkenstrecke ein, so leuchtet der Metalldampf in seiner spezifischen Farbe; die Oscillationen, die durch den eingeschalteten Funken erregt werden, dringen hierbei nicht in das leitende Glas den Leiter ein, oder doch nur in geringem Masse und erregen den Metalldampf zum Leuchten.

Liegen in einem Entladungsrohr Metallstücke, so biegt die positive Lichtsäule um dieselben um und ist von ihnen durch einen dunklen Raum geschieden; derartige Schirmwirkungen des Metalls sind mannigfach so von H. Ebert und E. Wiedemann und u. a. neuerdings von Paalzow und Neesen beschrieben worden.

Ist an einer Stelle die Wand auf einen grösseren Teil des Umfanges mit Metall beschlagen, so zeigt dort bei passender Entladungsform der Metalldampf die Farbe der dritten Kathodenschicht, wie sie in Wied. Ann. 57 p. 456 1896 beschrieben ist.

II. Zur Untersuchung der Metallspectra in den verschiedenen Teilen der Entladung, d. h. den verschiedenen Kathodenschichten und der positiven Lichtsäule diente eine Wied. Ann. 57 p. 454 1896 beschriebene Anordnung. Bei derselben befindet sich eine, Stücke des Metalles enthaltende ausgepumpte Kugel zwischen 2 Drahtnetzplatten, die dieselbe nicht ganz berühren. Verbindet man die Platten direkt mit der Maschine und erhitzt, so erhält man die typischen Entladungserscheinungen.

D. Resultate an Spectren.

a) Metallspectra.

1) Natrium.

Wenig Dampf, also kleine Dichte, schwache Erregung: einzelne Linien, starke Erregung: die Zahl der Linien nimmt zu.

Grössere Dichte, schwache Erregung: neben den Linien continuierliches Band 535—480.

Grössere Dichte, starke Erregung, das Band tritt zurück, die Linien werden intensiver[1]).

Bei viel Dampf und relativ schwachen Erregungen tritt vor allem auf: die D-Linie und ein continuierliches Band 535—480, die anderen Natriumlinien sind schwach, bei zunehmender Stärke der Erregung durch grössere eingeschaltete Funkenstrecken entwickeln sich vor allem die roten und die grünen Linien, die Farbe des Dampfes geht aus orange in grün über.

Bei sehr starken Erregungen, wie sie eine eingeschaltete Flasche giebt, verschwindet das grüne Band. Man sieht bei Einschalten der Funkenstrecke plötzlich an Stelle des Bandes die im Grün gelegenen Linien treten.

Ein Vergleich der Spectra im engen und weiten Teile des Rohres zeigt, dass in dem engen die Bande weit schwächer ist als in dem weiten, die Erregung ist auch weit stärker.

2) Kalium.

Neben den Linien tritt bei viel Dampf und schwachen Erregungen (eine kleine Funkenstrecke muss eingeschaltet werden, damit bei der zur Dampfbildung nötigen Erwärung überhaupt eine Entladung durch das Gas und nicht allein durch das Glas geht) neben den Linien hell ein rotes Band 665—625 auf. Nimmt die Dampfmenge ab, so verschwindet das rote Band, ebenso bei starken Erregungen.

So lange das Band nicht auftritt, ist die Farbe des Kaliumdampfes gelblich-rot, die stets vorhandene D-Linie wirkt dabei mit; sobald das Spectrum die rote Bande zeigt, wird die Farbe des Bandes rot-braun. Vielleicht ist auch noch eine Bande im Grün vorhanden.

3) Lithium.

Lithium gab keine Resultate. Das Glas wurde durch dasselbe in hohem Grade angegriffen.

4) Quecksilber.

Aus unseren Versuchen ergiebt sich allgemein in noch schär-

1) Ueber die eigentümlichen Spectren bei Erregung durch die Lichtstrahlen, also die Fluorescenzspectren vgl. Wied. Ann. 57 447 1896.

ferer Form, als aus denen von den Herren Eder und Valenta, das folgende Resultat:

Niedrige Temperatur, also kleine Dichte, schwache und stärkere Erregung: das gewöhnliche Linienspectrum. Grosse Dampfdichte, schwache Erregung: continuierliches Band im Grün von 560—475, und die gewöhnlichen Linien mehr oder weniger stark.

Grosse Dampfdichte, stärkere Erregung: continuierliches Band im Grün und aus Linien sich aufbauende Banden von Eder und Valenta. Grosse Dampfmenge, sehr starke Erregungen: linienreichstes Spectrum von Eder und Valenta. Das letztere scheint also nicht mit dem gewöhnlichen Linienspectrum zusammenzuhängen.

Im Einzelnen wurden folgende Versuche angestellt.

A. Das Quecksilber befand sich zunächst in einem 1,5 cm weiten und 15 cm langen Rohr, in dessen Enden Platinelectroden eingeschmolzen waren; es wurde in einem Eisenkasten erhitzt, in dessen einer Seite sich ein Glimmerfenster befand.

Bei niederen Temperaturen, also kleinen Dichten, ist nur das Linienspectrum zu sehen. Bei höherer Temperatur, also grösserer Dichte, gesellt sich dazu das continuierliche Band im Grün, das bei Einschaltung von Funkenstrecken schwächer wird, während die Linien an Intensität zunehmen. Je höher die Temperatur, je grösser die Dichte, um so mehr nimmt die Entladung folgende Form an: Der Teil an der Anode ist schmal, sehr hell und breitet sich nach der Kathode zu einer fast die ganze Röhre erfüllenden Lichtmasse aus. Die Kathode ist von einem nach der Anode zu geschlossenen Hohlzylinder umgeben, in den das von der Anode kommende Lichtbündel noch ein Stück hineinragt.

In dem der Anode anliegenden Teile sind die Hg-Banden, wie sie Eder und Valenta beobachtet haben, zu sehen.

Macht man durch stärkeres Erhitzen die Dichte immer grösser, so wird das an der Anode befindliche Lichtbündel immer länger. Wird das Glas zuletzt gut leitend, sodass die Entladung direkt zu ihm übergeht, so genügt die Einschaltung einer kleinen Funkenstrecke, um das Gas wieder zum Leuchten zu bringen. Bei ganz kleiner Funkenstrecke ist das Lichtbündel, das dann die ganze Röhre durchsetzt, blau gefärbt. Die Eder'schen Banden treten ausnehmend schön auf. Bei einer etwas grüneren Funkenstrecke, durch die freilich auch die ganze Entladungsform

verändert wird, wie sich an dem Aussehen der Erscheinung zeigt, verschwinden die Banden und nur das Linienspectrum bleibt übrig.

B. Das Quecksilber befindet sich in einem gewöhnlichen, aus einem weiten und einem engen Teile bestehenden, Geissler'schen Rohr.

Bei grösserer Dampfdichte und schwacher Erregung ist im weiten Teile das grüne Band, im engen Teile dagegen fast nur das Linienspectrum zu sehen, während das Band nur schwach angedeutet ist. Bei Einschaltung von Funkenstrecken oder bei kleiner Dampfmenge, wo in beiden Rohrteilen das Linienspectrum vorhanden ist, treten im engen Teil zu den Linien im weiten Teil einzelne hinzu, andere verschwinden aber.

Bei grossen Funkenstrecken ist vor allem im weiten Teil die rote Linie 6152 zu sehen, weniger hell im engen Teil.

Bei sehr starker Erregung durch zugeschaltete Leydner-Flasche tritt im weiten Teil das gewöhnliche Linienspectrum auf, im engen Teil dagegen das von Eder und Valenta beschriebene Linienspectrum, dessen Charakter so vollständig von dem gewöhnlichen abweicht, dass es wohl kaum anzunehmen ist, dass es sich aus demselben entwickelt hat. Einzelne der im weiten Teil stark entwickelten Linien sind im engen Teil relativ schwach, vor allem solche in Grün.

C. Kugel zwischen den Endcondensatorplatten bei continuierlichem Stromdurchgang: Bei dem Quecksilber tritt ausser den Linien 5790,5 und 5769,4, 5460,97 und 4358,6 noch das continuierliches Band im Grün auf, das sich etwa von $\lambda = 5600$ bis $\lambda = 4750$ erstreckt und sein Maximum bei $\lambda = 5300$ hat. (Das continuierliche Band hat auch E. Warburg, Wied. Ann. 40 pag. 14, 1880 beobachtet, als er durch Quecksilberdampf den Strom einer grossen galvanischen Batterie schickte.)

An der Kathode ist das Linienspectrum hell, die Bande weniger hell, im Inneren der Kugel also auf der positiven Lichtsäule, die grün erscheint, ist umgekehrt das Band heller, die Linien schwächer.

Bei starker Erhitzung der Kugel, sodass möglichst viel Dampf vorhanden war, verschwinden in dem positiven Licht die Linien und es bleibt nur das nach dem rot und blau sich mehr und mehr ausdehnende Band übrig. An der Kathode sind die Linien zu sehen. An der Anode tritt intensives gelbes Natriumlicht auf.

Treten gleichzeitig das continuierliche Band und das Linienspectrum auf, so sind die Linien absolut scharf, das Band entsteht also nicht durch Verbreiterung der Linien.

D. Wirkung von Oscillationen. 1) Die Platten stehen weit von der Kugel ab, die Drähte sind unüberbrückt. Es treten auf, die eben erwähnten Quecksilber-Linien, sowie das grüne continuierliche Band.

2) Die Drähte sind überbrückt, die Bande ist ausnehmend schön ausgebildet.

E. Der Dampf wird in einem Rohr, wie Fig. 1 zeigt, untersucht.

a) Die Drähte sind an den Enden eines Lecher'schen Systems angeschlossen. Mit Brücke tritt das Band auf, ohne Brücke fast nur Linien.

b) Bei direkter Einschaltung des Rohres in den Stromkreis ist bei starker Dampfentwickelung die Bande zu sehen, sie verschwindet bei Einschaltung einer Funkenstrecke.

c) Die Condensatoren werden seitlich vom Rohr aufgestellt. Stehen c_1 und c_2 nahe am Rohr und ist wenig Dampf vorhanden, so sieht man zwischen c_1 und c_2 stets nur die Linien, an den schwächer erregten Stellen seitlich von c_1 und c_2 das Band. Entfernt man c_1 und c_2 von dem Rohr, so entwickelt sich auch zwischen c_1 und c_2 das Band. Dasselbe kann man auch, falls c_1 und c_2 nicht gar zu nahe dem Rohr stehen, durch stärkere Dampfentwickelung erzielen.

5) Cadmium.

Der Dampf ist ohne eingeschaltete Funkenstrecke in einem ca. 1,6 cm weiten Rohr grün, in der Nähe des Metalles mit einem Stich ins rötliche. Beim Einschalten von Funkenstrecken wird er intensiv blau, die Intensität der blauen Linien wächst, gleichzeitig treten auch Banden im Blau und Violett auf.

Verwendet man statt der directen Entladungen Oscillationen, so ist das Licht rötlicher.

In verschieden weiten Teilen desselben Entladungsrohres untersucht, zeigt Cadmium im weiteren Teil A mehr grün, im engen Teil B mehr blau, hier treten auch die blauen Banden mehr hervor.

Bei Einschaltung von Funkenstrecken tritt 5378,3 und 5337,3, selbst wenn in A keine Spur derselben zu sehen ist, in B sehr

hell hervor. Daraus folgt, dass diese 2 Linien, die wie im weiten Teil des Rohres, also bei schwacher Erregung auch im Flammenbogen fehlen, während sie im Funken, wie im engen Teil zu sehen sind, nicht einer anderen Art der Erregung ihren Ursprung verdanken dürften, als die anderen Linien des Cadmiumspectrums. In beiden Teilen sind hier auch die blauen Banden schön zu sehen.

Bei Anwendung reiner Oscillationen (die Condensatorenplatten stehen seitlich vom Rohr) ist die Farbe im engen Teil grün-blau, im weiten Teil rein grün. Die gewöhnlichen Linien treten auf, im engen Teil deutlich die Banden, im weiten schwach. Die zwei Linien bei 5378,8 und 5337,3 sind manchmal im engen Teil zu sehen.

Von besonderem Interesse sind Untersuchungen über Spectren der ersten und dritten Glimmlichtschicht sowie des positiven Lichtes, wie sie sich bei der Wied. Ann. 57 p. 454 beschriebenen Anordnung ergeben.

Zink.

Ausser den bekannten Spectrallinien haben wir wie beim Cadmium Banden im Violett aufgefunden.

Bei schwacher Erregung ohne Flasche sind nur Linien zu sehen, bei Einschaltung von Funkenstrecken auch noch die Banden. Mit Flasche bei bestimmter Funkenstrecke treten die Banden am schönsten auf, bei Vergrösserung und Verkleinerung werden sie schwächer, sie sind aber selbst bei den stärksten Funken zu sehen.

Ohne Funkenstrecke ist der Dampf in einem ca. 1,6 cm weiten Rohr rot, mit solchen blau, er leuchtet um so tiefer blau, je grösser die Funkenstrecken sind. Auch hier treten die Banden im violett auf.

Eine Verengung wirkt in demselben Sinne wie eine eingeschaltete Funkenstrecke.

Auch beim Zink ändern sich die Linien beim Uebergang aus dem weiten in den engen Teil und ebenso sind dieselben in den verschiedenen Kathodenschichten, sowie der positiven Lichtsäule höchst verschieden.

Zum Vergleich des Verhaltens der Banden beim Zink wurden zwei Cd und Zn enthaltende Röhren unmittelbar übereinander in horizontaler Lage befestigt, hinter einander geschaltet und wäh-

rend die Entladung durch beide gleichzeitig ging, das Spectrum untersucht.

Die Banden des Zinkes sind viel breiter und verwaschener als diejenigen des Cadmiums. Die nahe gleiche Lage der Banden bei Zn und Cd hat ihr Analogon in dem entsprechenden Verhalten der Linien.

Da die Banden bei Zink viel breiter als bei Cadmium und viel heller sind, so erklärt sich ohne weiteres die intensiv blaue Färbung des Dampfes.

b) Verbindungsspectra.

Die oben beschriebenen Methoden eignen sich auch zur Untersuchung von Verbindungsspectren. Die Beobachtung derselben in der Flamme oder im Funken leidet ausser den früher erwähnten theoretischen Bedenken vor allem an den Uebelstand, dass es fast unmöglich ist, die chemischen Processe zu übersehen, die sich innerhalb der Verbindung, mit den Flammen-Bestandteilen, mit dem Sauerstoff der Luft abspielen. Dies dürfte auch der Grund sein, warum gerade dieses so wichtige Gebiet in der letzten Zeit so wenig bearbeitet worden ist. Diese Störungen sind zum grossen Teil vermieden, wenn man die Substanzen im Entladungsrohr untersucht, vor allem in sehr weiten Röhren und unter dem Einfluss schwacher Oscillationen, in welch letzterem Fall die Temperatur auch eine niedrige bleibt.

Wir haben eine Reihe von Verbindungsspectren untersucht, und sind dabei auf eine Art von Spectren gestossen, die schon früher gesehen, aber nicht besonders beachtet worden ist. Sie bestehen aus einem helleren continuierlichen Band, über das sich einzelne, relativ dunklere Streifen überlagern, resp. aus dem sich einzelne hellere Streifen abheben. Die dunklen wie die hellen Streifen sind breit, nicht scharf begrenzt. Die Breite und Zahl ist bei verschiedenen Substanzen verschieden. Sie erinnern an die Interferenzstreifen bei Krystallplatten in teilweise polarisiertem Licht bei spectraler Zerlegung. Wir wollen sie gestreifte Banden nennen, sie stehen den cannellierten Banden gegenüber. Ihr besonderer Bau deutet natürlich auf besondere Leuchtbewegungen in den Molekülen hin. Von bekannteren Spectren gehört hierher das Verbindungsspectrum des Quecksilberchlorids und -bromids. Ganz analog gebaut ist diejenige des Quecksilberjodids.

Vorläufig wurden untersucht:

Chlorcadmium: Continuierliches Spectrum von 630 bis in das blau hinein, zeigt keine Maxima und Minima.

Bromcadmium: Continuierliches Spectrum mit viel grün und blau und wenig rot.

Jodcadmium, hellweiss mit einem Strich ins blaue, continuierliches Spectrum im rot, gelb-grün intensiv bis 510, schwach bis 470 mm. Im Rot tritt aber bei 632—620 ein dunkler Streifen auf, im gelb ist ein schwaches Minimum im continuierlichen Spectrum.

Neben den Banden sah man bei dem Cadmiumjodid einzelne Cadmiumlinien.

Chlorblei: Leuchtet hell-grün-blau, zeigt von 575—480 ein Streifenspectrum mit einem Helligkeitsmaximum bei 620.

Jodblei: Continuierliches Band intensiv von 575—480, dann schwach bis 455, kein Streifenspectrum.

Bei Chlorblei tritt besonders bei Einschalten von Funkenstrecken, bei Jodblei stets sehr hell eine Linie bei 438 mm auf.

Zinkchlorid: Leuchtet hellweiss, continuierliches Spectrum wenig rot und gelb, sehr hell im grün, ziemlich hell im blau. Bei Einschaltung von Funken treten die zuerst nur schwachen Ziuklinien intensiv hervor.

E. Zusammenstellung der Spectraltypen.

An der Hand der zahlreichen älteren und neueren Beobachtungen von anderen und den unsrigen über Electroluminescenz und Fluorescenz lassen sich verschiedene Arten von Spectren bei den Gasen unterscheiden, die auch, da sie nicht in einander übergehen, verschiedene Ursachen haben; diese sind gegeben entweder durch einen verschiedenen Bau der schwingenden Teile, resp. Atome und Moleküle, oder durch eine andere Art der Anregung.

I. Continuierliche Banden ohne Maxima und Minima, die selbst wieder verschiedenen Ursprungs sind.

a) Sie entstehen aus Linienspectren durch deren Verbreitung.

b) Sie treten unabhängig von Linienspectren auf, neben scharfen Linien sind sie als breite Banden sichtbar.

A) Bei einatomigen Gasen und zwar:

1) bei Electroluminescenz bei Hg im Grün, Na im Grün, K im Rot und vielleicht beim Zink und Cadmium im Blau und Violett bei viel Dampf und schwachen Erregungen.

2) Bei Fluorescenz im Fluorescenzlicht von Natrium und Kalium.

B) Bei mehratomigen Gasen.

Die electroluminescierenden organischen Dämpfe zeigen durchweg continuierliche Banden, wenn auch an verschiedenen Stellen des Spectrums; nur hier und da scheint eine Andeutung von Discontinuitäten vorhanden zu sein. Es ist dies doppelt zu beachten, da nach den Versuchen von Pauer die Dämpfe ganz discontinuierliche Absorptionen zeigen.

In den unter b) zusammengefassten Fällen haben wir es wohl mit einer Luminescenz, die erzwungenen Schwingungen entspricht, zu thun.

II. Continuierliche Banden mit einzelnen breiten relativen Maxima und Minima. Die Minima würden Absorptionsminimais, also Transparenzmaximis entsprechen. Die Intensitätskurve stellt eine über die Horizontale erhobene Wellenlinie dar.

Diese Spectralform ist gewiss mit I b) nahe verwandt, da einzelne Verbindungen solche Maxima und Minima zeigen, nahe verwandte aber nicht.

Ein Fall mit einem solchen Minimum ist bei $Cd J_2$ vorhanden, wo im Rot ein höchst ausgesprochenes Minimum auftritt; die analogen Verbindungen $Cd Br_2$ $CdCl_2$ u. s. f. zeigen keine solchen Minima.

Zahlreiche Maxima und Minima treten bei $PbCl_2$, sie fehlen bei $PbBr_2$, PbJ_2. Ebenfalls Maxima und Minima sind vorhanden bei den Verbindungen $HgCl_2$, $HgBr_2$, HgJ_2 u. a. m.

Sie scheinen ferner beim Sauerstoffspectrum, das Schuster beschrieben hat, aufzutreten, ferner im roten und gelben Teil des Luftspectrums und wohl auch sonst noch.

III. Spectren mit cannellierten Banden. Sie sind sehr verbreitet und kommen wahrscheinlich in vielen Fällen, aber nicht immer, den Molekülen zu. Ausser bei $(CN)_2$, N_2 etc. sind sie wahrscheinlich vorhanden im Natriumfluorescenzspectrum, beim Quecksilberbandenspectrum, beim Cd und Zn-Bandenspectrum. Es ist sehr überraschend, dass sie sowohl bei ein- wie bei mehratomigen Gasen auftreten.

IV. Linienspectren, die stets bei relativ starker Erregung auftreten; soweit bisher bekannt, kommen sie den Atomen zu.

Zudem scheinen hier in einzelnen Fällen zwei verschiedene Linienspectren vorhanden zu sein, so beim Quecksilber (vgl. oben)

F. Astrophysikalisches.

Die Beobachtung der Spectra von verdünnten Metalldämpfen unter dem Einfluss elektrischer Entladungen und Schwingungen mit schwachen Erregungen dürfte vor allem ein astrophysikalisches Interesse haben. Es spricht ja vieles für die Anschauungen, welche gewisse Leuchterscheinungen der Sonnenprotuberanzen, der Corona, der Kometen des Nordlichtes auf elektrische Erregungen zurückführen, auf Erregungen, die aller Wahrscheinlichkeit nach von fortschreitenden elektrischen Oscillationen herrühren. Diese würden aller Wahrscheinlichkeit nach eine Lichtemission von Strahlen derselben Wellenlänge hervorrufen wie unsere elektrischen Schwingungen. In den Metalldämpfen zwischen den Condensatorplatten in den angeführten Fällen sind die leuchtenden Substanzen Gase unter sehr niedrigem Druck.

Dass Gase bei sehr niedrigem Druck durch Oscillationen zum Leuchten angeregt werden, sobald nur die um die Kathode sich entwickelnden Zustände, welche eine Absorption elektrischer Energie und deren Umwandlung in Leuchtenergie verhindern und die an den Grenzflächen der Körper auftreten, vermieden werden, geht aus zahlreichen Versuchen von H. Ebert und E. Wiedemann hervor.

Ueber Wirkungen und Schicksale des bromwasserstoffsauren Glutinpeptons im tierischen und menschlichen Organismus.

Von Eduard Pflaumer.

Aus dem physiologischen Institut zu Erlangen.

(Vorgetragen in der Sitzung am 13. Januar 1896.)

Den ersten Platz unter den Neurotica cerebrospinalia, den auf Gehirn und Rückenmark gleichzeitig wirkenden Mitteln, nimmt zur Zeit das Brom ein. Während das elementare Brom wegen seiner heftigen Reizwirkung auf die Gewebe innerlich keine Verwendung findet, kann es in Form verschiedener anorganischer und organischer Verbindungen dem menschlichen Organismus einverleibt werden. Die wichtigsten hiervon sind, abgesehen von den als Narcotica verwendeten Bromverbindungen, Bromkalium, Bromnatrium, Bromammonium und Bromwasserstoffsäure. In neuester Zeit nun stellte C. Paal ein neues, organisches Brompräparat dar, das bromwasserstoffsaure Glutinpepton, von dem a priori aus theoretischen Gründen eine der Wirkung der Bromalkalien im wesentlichen gleichartige Wirkung erwartet werden konnte. In der Hoffnung, an dem Präparat vielleicht wertvolle therapeutische Eigenschaften zu finden, habe ich seine Schicksale und Wirkungen im menschlichen Organismus experimentell klarzustellen versucht.

Ehe ich an die Besprechung der zu diesem Zwecke angestellten Versuche gehe, möchte ich kurz die derzeitigen Anschauungen über die Wirkungen der Brompräparate zusammenfassen.

Die Frage, wie die Wirkung der obengenannten Bromverbindungen überhaupt zustande kommt, beantwortet Schmiedeberg[1]) folgendermassen: „Die eigenartigen Wirkungen der in Lösung dissociierbaren unorganischen Verbindungen, namentlich auf

1) Schmiedeberg, Grundriss der Arzneimittellehre, 3. Aufl. 1895.

die Nerven und Muskeln, werden von den dissociierten Jonen hervorgebracht. Der Beweis für diese Anschauung liegt darin, dass z. B. die Verbindungen der Metalle nur dann ihre charakteristischen Giftwirkungen zeigen, wenn sie dissociationsfähig sind. Bei den metallorganischen Verbindungen ist das nicht der Fall, und ihnen fehlt daher die charakteristische Metallwirkung."

Demnach ist also die Nervenwirkung von Salzen, wie Bromkalium, und von Säuren, wie Bromwasserstoffsäure, nicht als eine Wirkung des zusammengesetzten Körpers, der chemischen Verbindung, anzusehen, bei deren Zustandekommen ja die Eigenschaften der einfachen Körper, der Elemente, ganz verschwinden, sondern als eine spezifische Wirkung letzterer. Ob die Verbindungen im Körper wirklich, wie bei der Elektrolyse, in ihre Elemente zerlegt werden, oder ob der Nervenzelle die Fähigkeit zukommt, die gesonderte Wirkung der einzelnen Elemente der unveränderten oder gelockerten Verbindung zu empfinden, ist unentschieden. Wir haben uns also bei der Beurteilung der Verbindungen zu entscheiden, welche Wirkungen den einzelnen Komponenten derselben zuzuschreiben sind.

Bezüglich des wirksamsten Brompräparates, des Bromkaliums, ist diese Entscheidung noch nicht getroffen. Schmiedeberg schreibt in der soeben erschienenen 3. Auflage seines „Grundriss der Arzneimittellehre" (1895): „Nach den Angaben zahlreicher Beobachter ist der Nutzen des Mittels in vielen Fällen nicht zu bezweifeln. Dagegen ist die Frage bisher mit einiger Sicherheit nicht zu beantworten, ob es sich dabei um eine Kali- oder Bromidwirkung oder um beides handelt. In Versuchen mit Bromkalium an Säugetieren hat sich bisher nur die Kaliwirkung nachweisen lassen, während das Bromnatrium kein anderes Verhalten als das Kochsalz zeigte. Versuche an gesunden Menschen ergaben verschiedene Resultate."

Eulenburg und Guttmann[1]) leugnen auf Grund ihrer Tierversuche in ihrer Abhandlung über das Bromkalium alle Wirksamkeit des Broms in demselben: „In allen den vorstehend ermittelten Beziehungen verhält sich das Bromkalium durchaus übereinstimmend mit den anderen bezüglich ihrer physiologischen

---

1) Eulenburg u. Guttmann, Ueber die physiol. Wirkung des Bromkaliums. Virchow's Archiv 41,

und toxischen Wirkungen geprüften Kalisalzen." Demnach könnte also von einer spezifischen Bromwirkung im Bromkalium nicht die Rede sein. Zu gleichen Schlüssen gelangte früher Binz[1]), der aber ebenfalls nur mit Hunden und Kaninchen experimentierte. Ungefähr gleichzeitig kamen die französischen Forscher Martin Damourette und Pelvet[2]) sowie Laborde[3]), die ebenfalls nur Tierversuche anstellten, zu ganz gegenteiligen Resultaten; Damourette und Pelvet betrachten das Bromkalium als ein auf das ganze Nerven- und Muskelsystem, Laborde als ein nur auf Medulla spinalis wirkendes und somit lediglich reflexhemmendes Mittel; alle drei Forscher aber halten übereinstimmend das Bromkalium durchaus für kein Herzgift, da nach Aufhören der Respiration die Herzaktion noch längere Zeit fortdauerte, vindicieren also seine Wirkungen ausschliesslich dem Bromkomponenten.

Hingegen äussern sich Nothnagel und Rossbach[4]) folgendermassen: „Eine Reihe von Forschern wollen alle Wirkungen des Bromkalium als eine einfache Kaliumwirkung betrachtet wissen; diese Auffassung lässt sich aber nicht mehr halten. Die ganz eigentümliche Einwirkung auf Gehirn und Rückenmark, auf die Reflexerregbarkeit von Seite der Gaumennerven, sowie die Hautausschläge kann man jetzt mit Sicherheit einzig auf den Bromkomponenten beziehen, dagegen mögen die Erscheinungen im Gebiet des Kreislaufs, der Atmung, der Körperwärme fast ganz oder ganz Kaliumwirkung sein. Da letztere hauptsächlich nach sehr grossen Gaben in den meist nur Stunden dauernden Tierversuchen hervortreten, die Gehirnerscheinungen bei Tieren nicht Gegenstand der Forschung sein können, erklärt es sich, warum die meisten Tierexperimentatoren für die reine Kaliumwirkung eingenommen sind, während die Kliniker, die mehr die Erscheinungen bei längerem Gebrauch studieren, mit Recht an der Bromwirkung festhalten. Die

1) Binz, Berliner klinische Wochenschrift 22. 1867.

2) Martin Damourette et Pelvet, Étude expérimentale sur l'action physiologique du bromure de potassium. 1867. Referat in Virchow's Jahresber. 1867.

3) Laborde, Sur l'action physiologique du bromure de potassium. 1867. Referat in Virchow's Jahresber. 1867.

4) Nothnagel u. Rossbach, Handbuch der Arzneimittellehre 6. Aufl. 1887.

jüngsten Versuche von Krosz an Menschen lassen an letzterer Auffassung alle Zweifel schwinden und sprechen entschieden dagegen, dass die grosse Menge Brom, die im Bromkalium enthalten ist, ohne jede Einwirkung den Tierkörper passieren könne."

Krosz[1]) selbst schreibt nach Anführung mehrerer Versuche mit Bromkalium, Chlorkalium und Bromnatrium: „Dieses Resultat ist zu eklatant, als dass irgend ein Zweifel bestehen könnte, dass die Wirkungen des Bromkalium mit den Wirkungen der anderen Kaliumsalze nicht identisch sind, sondern, dass ein Teil derselben dem Brom zukommt. Es wird durch Kalium bewirkt: die Lähmung des Herzmuskels, der Herzganglien und in Folge davon Verlangsamung der Respiration und Erniedrigung der Temperatur, ferner Lähmung der Nerven, und zwar vom Centrum ausgehend, und endlich Lähmung der Muskeln. Dagegen bewirkte Brom centrale Lähmung der Verbindungsfasern zwischen den sensitiven einerseits und den motorischen und sensoriellen Ganglien andererseits, wenigstens zum grössten Teil das Exanthem und in geringem Masse eine Verlangsamung der Herzaktion."

Aus der grossen Anzahl derjenigen, die heute für die spezifische Wirkung des Broms im Bromkalium eintreten, citiere ich nur noch Husemann[2]): „Die Wirkung des Kaliumbromids wurde eine Zeit lang als mit derjenigen der Kalisalze identisch betrachtet, besonders in Rücksicht auf die physiologischen Versuche, welche den Effekt des Salzes vielfach mit dem anderer Kaliverbindungen in eine Linie stellten, doch weisen die therapeutischen Effekte, insbesondere die auffällige Heilwirkung bei Epilepsie, auf eine teilweise selbständige Stellung des Mittels hin. Diese ist offenbar durch den Bromkomponenten veranlasst, da Bromwasserstoffsäure genau in derselben Richtung wie Bromkalium wirkt und die therapeutischen Effekte des Bromkaliums auch durch Bromnatrium und Bromammonium herbeigeführt werden, wie auch die Einschiebung von Brom in aromatische und fette Verbindungen dieselben in eigentümlicher, an die Effekte des Bromkaliums anklingender Weise modifiziert, so dass bei Kaltblütern die Reflexthätigkeit stark herabgesetzt wird. Als Kali-

---

1) Krosz, Archiv für experim. Pathologie und Pharmakologie VI. Bd. 1875.

2) Husemann, Arzneimittellehre 1892.

wirkung erscheint nicht nur die bei letalen Gaben zu konstatierende lähmende Wirkung auf das Herz und die damit im Zusammenhange stehende herabsetzende Aktion auf Respiration und Temperatur, sondern auch die bei Bromkaliumvergiftung eintretende Lähmung der Muskeln und Nerven, während ausser der Herabsetzung der Reflexerregbarkeit noch die cerebralen Phänomene (Herabsetzung der Gehirnreflexe, Müdigkeit, Abspannung nach grösseren Gaben), welche auch dem Bromnatrium und selbst in höherem Grade zukommen, als Bromwirkung aufgefasst werden müssen." Endlich sei noch bemerkt, dass auch Binz[1]) neuerdings sich letzterer Ansicht zugewandt hat: „Sämmtliche Wirkungen des Bromkaliums haben wahrscheinlich darin ihren Grund, dass die Säuren der Ganglien und Drüsen das Salz lockern und andauernd Spuren von Bromwasserstoff daraus entbinden, worauf die Zellen mit Herabstimmung oder Veränderung ihrer Thätigkeit reagieren."

Mag man nun die Bromkaliumfrage als gelöst oder ungelöst betrachten, dass es eine spezifische, wenigstens an gewissen Kranken deutlich zu Tage tretende Bromwirkung gibt, ist sicher bewiesen, sowohl durch die allgemein anerkannten Giftwirkungen des Broms, als auch durch die therapeutischen Effekte des Bromnatriums, Bromammoniums und der Bromwasserstoffsäure. Hat sich doch für die durch Brom hervorgerufenen Vergiftungserscheinungen sogar eine für deren Aetiologie sehr charakteristische Bezeichnung, Bromismus, eingebürgert. Unter diesem verstehen wir bekanntlich eine nach längeren Bromkuren häufig eintretende Erkrankung, bei welcher Mattigkeit, Störungen der Denkfähigkeit, Herabsetzung der Reflexerregbarkeit neben der besonders häufigen Bromakne die hervorstechendsten Symptome sind. Das Bromexanthem, zahlreiche kleine Pusteln, besonders im Gesicht und auf der Brust, tritt übrigens zuweilen schon nach ganz wenigen stärkeren Dosen auf (vide Versuch IV). Nach Anwendung von Bromwasserstoffsäure jedoch wurde es nicht beobachtet. Hingegen ist letztere speziell durch ihre therapeutische Wirksamkeit als beweisend zu betrachten für die Wirksamkeit des Broms, da ihr Kation, der Wasserstoff, als ganz indifferent für den Organismus anzusehen ist, in ihr also gewiss nur das Brom wirksam sein kann. Die Bromwasserstoffsäure kommt für die vorliegende Arbeit auch deswegen besonders

---

1) Binz, Grundzüge der Arzneimittellehre. 1894.

in Betracht, weil im Paal'schen Brompepton das Brom in Form der Bromwasserstoffsäure an das Pepton gebunden ist. Ueber die Wirkungen derselben finden sich nur in den neueren deutschen Werken einige Angaben. Von amerikanischen und englischen Aerzten wurde die Bromwasserstoffsäure schon 1875 empfohlen. und zwar von Hamilton[1]), C. Wade de Witte[2]), Eduard Woakes[3]), Dana[4]). Nach Letzterem wirkt sie entschieden sedativ, wenn auch schwächer und langsamer als die übrigen Brompräparate, bewirkt aber weder Exantheme noch Bromismus. Demnach hätte sie bedeutende Vorzüge vor jenen, wenn nicht der Verabreichung grösserer Quantitäten der sauere Geschmack im Wege stünde. Binz schreibt von ihr: „Acidum hydrochloricum, Bromwasserstoffsäure, ist neu eingeführt. ... Sie wird von manchen Aerzten dem Bromkalium vorgezogen, weil sie dessen unangenehme Nebenwirkungen weniger haben soll. . . . Da die Bromwasserstoffsäure im alkalischen Blut sich sogleich mit Natrium sättigen wird, so erscheint es fraglich, ob ihr bessere Wirkung als dem fertigen Bromnatrium zukommt."

Bestimmter äussert sich Husemann: „Vorzügliche sedative Wirkung besitzt die Bromwasserstoffsäure, Acid. hydrobromic. HBr. Physiologisch zeigt sie neben den herabsetzenden Effekten des Bromkaliums auf die Nervencentra, besonders die empfindlichen Partieen des Rückenmarks, auch eine Wirkung auf den Kreislauf und besonders den Herzmuskel, wodurch sie in mittleren Dosen Steigen, in grossen Sinken des Blutdruckes hervorruft. Man gibt sie bei nervöser Erschöpfung durch Exzesse in Baccho, bei nervöser Reizbarkeit und Insomnie, Palpitationen, Hysterie, Keuch- und Krampfhusten, vomitus gravidarum, Menorrhagie mit sexueller Erregung, gastrischer Reizbarkeit und cerebralen Fluxionen in Folge gestörter Herzaktion und Schwäche. Bei Epilepsie steht sie

---

1) Hamilton, Hydrobromic acid. Philadelphia med. Times 28. October 1876. — Note on hydrobromic acid. Philadelphia med. Times 9. Dezember 1876.

2) C. Wade de Witte, On the therapeutic use of hydrobromic acid. London med. Record 1876.

3) Ed. Woakes, Hydrobromic acid. Brit. med. Journ. 23. Juni pag. 973. 1877.

4) Dana, Note on the use of hydrobromic acid in nervous affections. Journal of nerv. and ment. diseases X. Nr. 3. 1883.

den Bromalkalien nach; dagegen gibt sie besonders gute Erfolge bei Ohrensausen und Ohrenschwindel. Man hat sie auch im Fieber gegeben."

Nach alledem darf man an der Wirksamkeit des Broms in geeigneten Fällen nicht mehr zweifeln.

Was nun die Ausscheidung der Bromverbindungen betrifft, so zitiere ich zur Kennzeichnung der bisher an den Bromalkalien gesammelten Erfahrungen folgende präcise Litteraturangaben; ich möchte dabei vorweg bemerken, dass gerade diese Angaben bei der Beurteilung der Brompeptonversuche zu berücksichtigen sein werden.

In Eulenburg's Encyklopädie der Heilkunde (1885) findet sich folgende Notiz: „Seine Ausscheidung (des Bromkaliums) erfolgt auch vorzugsweise durch den Harn und Speichel, und zwar wird die grösste Menge schon in den ersten 24—36 Stunden eliminiert. Sind grössere Dosen einverleibt worden, so sind noch 3—4 Wochen Spuren im Harn und Speichel nachweisbar" (Rabuteau).

Aehnlich äussern sich Bernatzik und Vogl[1]): „Die Ausscheidung des Broms erfolgt bei interner Anwendung der Bromalkalien in ebenso kurzer Zeit wie jene des Jods von Seite aller se- und excretorischen Organe. Bei Einfuhr von 1,0 Bromkalium in den Magen lässt sich schon nach 5 Minuten Brom im Urin und Speichel auffinden. Der grössere Teil des im Alkalisalz vorhandenen Broms wird schon in den ersten 12 Stunden abgeführt; nach 24—36 Stunden hat fast alles Brom den Körper verlassen. In grösseren Dosen genommen, lässt es sich noch 17—20 Tage nach dem Aussetzen des Salzes im Harn nachweisen" (M. Rosenthal).

Die Ergebnisse der zuverlässigsten ausländischen Autoren gibt Krosz in seiner Arbeit über Bromkalium wieder: „Die Ausscheidung des Broms erfolgt sehr rasch, denn schon nach 5—10 Minuten nach der Ingestion auch von nur einem Gramm lassen sich im Harn und Speichel Spuren nachweisen. Während Clarke und Amory nach mehreren Tagen keine Reaktion auf Brom im Urin mehr erhielten, und Schouten nach 4—6 Tagen Alles ausgeschieden fand, hat Rabuteau noch länger als einen Monat

---

1) Bernatzik und Vogl, Lehrbuch der Arzneimittellehre, 1886.

nach dem Aufhören der Medikation dieses gefunden, behauptet freilich bei Personen, die nie Bromsalze gebraucht hatten, dennoch sehr geringe Spuren des Halogens im Urin entdeckt zu haben, was er als eine normale Ausscheidung erklären zu müssen glaubte; Clarke und Amory wiesen nach, dass in den ersten 24—36 Stunden die höchste Menge eliminiert sei, wogegen Sonnerat nur $^1/_6$—$^1/_4$ des eingeführten Broms nach Verlauf eines Tages im Urin wiederfand."

Böhm schreibt in v. Ziemssen's Handbuch der Intoxikationen 1876: „Die grösste Menge wird in den ersten 12 Stunden mit dem Harn aus dem Körper entfernt, doch ist die Ausscheidung auch nach Verlauf von drei Tagen noch nicht vollkommen beendet."

Wie schon oben erwähnt, ist eine Verabreichung grösserer Dosen des Acidum hydrobromicum (die offizinelle Lösung enthält 25 % HBr) wegen der starken Säurewirkung unmöglich. Es war also sehr wünschenswert, ein Präparat zu besitzen, welches, wie die Bromwasserstoffsäure, das Brom ohne ein Alkali, nur in Verbindung mit einem indifferenten Körper enthielte. Ein solches Präparat steht uns nun in dem Paal'schen bromwasserstoffsauren Glutinpepton zu Gebote.

Wie die ausgezeichneten Untersuchungen C Paal's gezeigt haben, entstehen durch Einwirkung von Halogenwasserstoffsäuren auf Proteinstoffe Peptone in Form ihrer der angewendeten Säure entsprechenden Salze. Diese Peptone sind mit den durch Fermentwirkung erzeugten sehr nahe verwandt oder identisch. So gewann Paal durch anhaltendes Erwärmen von reiner Gelatine mit Salzsäure das chlorwasserstoffsaure Glutinpepton; in gleicher Weise gelangte er durch Behandlung der Gelatine mit Bromwasserstoffsäure zum bromwasserstoffsauren Glutinpepton, letzteres ist also ein dem salzsauren vollkommen analoger Körper. Durch die ebenfalls im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten Versuche von Ganz[1]) ist festgestellt, dass das Glutinpeptonchlorhydrat ganz gleich den im Körper selbst produzierten Peptonen wirkt und ihm ohne irgend welchen Schaden einverleibt werden kann, dass es die stickstoffhaltige Nahrung zur Hälfte und darüber hinaus auf Wochen zu ersetzen vermag. Eine Giftwirkung des in den Magen

---

1) Ganz, Ein Fütterungsversuch mit C. Paal'schem Glutinpepton. In.-Diss. Erlangen 1893 und Sitz.-Ber. der phys.-med. Soc. in Erlangen, Heft 26, S. 47.

eingeführten Glutinpeptons ist nach diesen Versuchen vollkommen ausgeschlossen. Ich durfte es daher ohne Bedenken unternehmen, die Schicksale und Wirkungen des Bromkomponenten durch Versuche am Menschen zu ermitteln.

An dieser Stelle gestatte ich mir, Herrn Prof. Paal für die gütige Ueberlassung eines grösseren Quantums seines Präparates meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Das mir übergebene Präparat stellt ein weiss-gelbliches, überaus leichtes, anscheinend krystallinisches, aus dünnen Lamellen bestehendes Pulver dar, das ausserordentlich hygroskopisch ist; es zerfliesst an der Luft nach einiger Zeit zu einer zähen, syrupösen, hellbraunen Flüssigkeit. Seine Lösung reagiert ziemlich stark sauer und ist von bitter-saurem, doch durchaus nicht besonders unangenehmem Geschmack, so dass für die Verwendung des Präparates in der Therapie ein Geschmackscorrigens zu entbehren ist. Seine verdünnte wässerige Lösung ist nicht haltbar; in derselben treten bei Sommertemperatur nach einigen Tagen schon unangenehmer Geruch und Pilzmassen in Form von Flocken auf. Die chemische Zusammensetzung des bromwasserstoffsauren Peptons ist insoferne keine ganz konstante, als der Bromwasserstoffsäuregehalt, je nach der Herstellungsweise, d. h. nach der Dauer der Einwirkung der Bromwasserstoffsäure auf die Gelatine, verschieden ist. In dem bei den Versuchen V, VI, VII, VIII verwendeten Präparate sind in 100 Gewichtsteilen trockenen Salzes 21 Teile Bromwasserstoffsäure enthalten, also etwas weniger als in dem officinellen Acid. hydrobromic. Zum Vergleich stelle ich die Prozentzahlen des Bromgehaltes der besprochenen Präparate zusammen:

(Atomgewicht des Broms = 80)

1) KBr	enthält	67,16 %	Br
2) $NaBr$	„	77,67 „	„
3) NH_4Br	„	81,63 „	„
4) Acid. hydrobr. offic.	„	24,7 „	„
5) Glutinpeptonbromhydrat mit 21% HBr	„	20,7 „	„

Das bei Versuch IV benützte Präparat enthält nur 19,67 %. Das Brompepton ist also in beiden Präparaten nur $^1/_4$—$^1/_3$ so bromreich wie die Alkalibromide; doch lässt sich, wenn nötig, durch die entsprechende Herstellungsweise der Bromgehalt noch bedeutend steigern.

Die Bromwasserstoffsäure ist äusserst fest an das Leimpepton gebunden. Paal[1]) berichtet über das analoge salzsaure Salz: „Lösungen der Salze reagieren sauer, sie röten Lakmus- und bläuen Congopapier. Mit der sehr empfindlichen Phloroglucin-Vanillinprobe (Günzburg's Reagens) konnte aber bei sorgfältig dargestellten Präparaten niemals freie Salzsäure nachgewiesen werden. Die Säure ist vielmehr sehr fest an das Pepton gebunden, wie folgender Versuch zeigt: 3 g des Salzes Nr. 4 (mit 11,68 % Salzsäure) wurden in 200 g Wasser gelöst, und die Lösung in einer Platinschale zuerst über freier Flamme, dann auf dem Wasserbade eingedampft, der Rückstand in Alkokol gelöst und bei 100° im Vacuum getrocknet.

0,6918 g Substanz gaben 0,3158 g Chlorsilber = 11,62 % Salzsäure. Es war somit keine Aenderung im Salzsäuregehalt eingetreten." Auch durch Alkalien und Alkalikarbonate ist die Halogenwasserstoffsäure aus den Peptonsalzen nicht ganz abzutrennen. So gelingt es auch nicht, den Säuregehalt eines Peptonsalzes durch Titrieren mit Normallauge zu bestimmen.

Um über die Schicksale und Wirkungen des Glutinpeptonbromhydrats, das wir der Kürze halber mit Brompepton bezeichnen wollen, im tierischen und menschlichen Organismus mir Rechenschaft ablegen zu können, hielt ich die Beantwortung folgender Fragen für geboten:

1) Wie gestaltet sich Resorption und Ausscheidung des Präparats, letztere sowohl bezüglich der Zeit als bezüglich der Form, in welcher das Brom den Körper wieder verlässt?

2) Welche Wirkungen, vor allem auf das Nervensystem und die Verdauung, sind zu beobachten?

3) Welche Giftwirkungen machen sich bemerkbar?

Da nach den Erfahrungen mit den Bromalkalien zu erwarten war, dass die Ausscheidung des Broms vornehmlich durch die Nieren bewerkstelligt werden würde, war es zur Beantwortung der ersten Frage nötig, den Harn auf seinen Bromgehalt qualitativ und quantitativ zu prüfen. Es seien daher, bevor ich zur Erörterung der Resultate selbst gehe, einige Bemerkungen über die bei der Harnanalyse angewandte Methode vorausgeschickt.

---

1) C. Paal, Ueber die Peptonsalze des Glutins. Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft. Jahrg. XXV. Heft 6. 1892.

Beim Versetzen einer wässerigen Bromidlösung mit Chlorwasser wird Brom frei, das beim Schütteln der Flüssigkeit mit Chloroform, Schwefelkohlenstoff und Aether in diese Lösungsmittel übertritt und sie mehr oder minder intensiv gelb bis braun färbt. Man wendet als Lösungsmittel am besten den Schwefelkohlenstoff an, da dieser intensiver gefärbt wird als Chloroform und Aether. Bezüglich des Chlorwasserzusatzes ist zu bemerken, dass ein Ueberschuss von Chlor durch Bildung von farblosen Bromsäuren die Färbung des Schwefelkohlenstoffes abschwächt oder sogar aufhebt. Das Chlorwasser darf also nur tropfenweise zugesetzt werden. Da schon äusserst geringe Mengen freien Broms eine Gelbfärbung des Lösungsmittels hervorrufen, und diese Färbung sich beim Freiwerden grösserer Brommengen gleichmässig von Hellgelb bis Tiefbraunrot steigert, lag es nahe, den Bromgehalt nicht nur qualitativ, sondern auf colorimetrischem Wege auch quantitativ zu bestimmen. Haben wir die wässerige Lösung eines Brompräparates zu analysieren, so gelingt die Analyse bei Anwendung der colorimetrischen Methode mit befriedigender Genauigkeit ohne besondere Schwierigkeiten. Man kann hierbei auf zweierlei Art verfahren; einmal, indem man die ganze zu untersuchende Flüssigkeit oder wenigstens einen grösseren Teil derselben nach Chlorwasserzusatz mit Schwefelkohlenstoff ausschüttelt und hierauf behufs Herstellung einer Vergleichsprobe aus einer Bürette diejenige Menge einer Bromidlösung von bekanntem Bromgehalt in ein anderes Schüttelgefäss laufen lässt, welche, in gleicher Weise mit Chlorwasser und Schwefelkohlenstoff behandelt, eine möglichst gleiche Färbung ergibt; natürlich müssen hierbei vollständig gleiche Gefässe und gleiche Quantitäten von Schwefelkohlenstoff benutzt werden. Ein anderes Verfahren bestünde in der Feststellung desjenigen Verdünnungsgrades der zu untersuchenden Flüssigkeit, bei welchem eben noch eine deutliche Gelbfärbung auftritt. Eine solche ist, wie mir scheint, zu beobachten beim Freiwerden einer 0,0002 g Bromkalium entsprechenden Brommenge. Leider involviert hierbei der bei einem einigermassen bedeutenderen Bromgehalte sich ergebende grosse Multiplikator, selbst wenn der Beobachtungsfehler geringfügig war, sehr grosse Fehler, so dass ich es vorzog, immer nur das zuerst angeführte Verfahren zu benutzen.

Viel schwieriger gestaltet sich im Gegensatz zur Analyse

wässriger Bromsalzlösungen die Analyse des Harns, und zwar aus folgenden Gründen:

Hier wirkt das Chlor in erster Linie nicht allein auf das Bromid, sondern gleichzeitig auch auf die organischen Harnbestandteile, man muss also grosse Mengen Chlorwasser zusetzen, bis überhaupt Brom frei wird, wodurch eine richtige Dosierung des Chlorzusatzes ungemein erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht wird.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass beim Ausschütteln des Harns oder einer auch nur geringe Harnmengen enthaltenden Flüssigkeit mit Schwefelkohlenstoff sich letzterer nicht zu einer durchsichtigen Schicht absetzt, was zum Farbenvergleich unbedingt nötig ist, sondern eine feine Emulsion bildet, die erst bei längerem Stehen oder energischem Centrifugieren eine für den Vergleich geeignete Schicht liefert. Abgesehen von der hierdurch bedingten Langwierigkeit des Verfahrens ist ein längeres Stehenlassen aber auch deshalb unzulässig, weil hierbei die Bromfärbung allmählich, jedenfalls infolge der Einwirkung des Broms auf Harnbestandteile, verblasst. Durch Zusatz von etwas Alkohol kann die Emulsion gehoben werden, doch wird hierdurch auch die Braunfärbung abgeschwächt und der quantitative Nachweis beeinträchtigt.

Grobe Täuschungen, sogar bei der qualitativen Analyse, können schliesslich dadurch herbeigeführt werden, dass grössere Mengen von Chlorwasser (ca. 20 ccm einer mittelstarken Flüssigkeit) an sich eine grünlich gelbe Färbung des Schwefelkohlenstoffes bewirken, welche leicht als Bromfärbung angesehen werden kann.

Nach alledem scheint es mir bei quantitativen Harnanalysen überhaupt unmöglich zu sein, die dem wirklichen Bromgehalt entsprechende Färbung mit den Harnproben selbst zu erzielen. Will man die colorimetrische Brombestimmung anwenden, so müssen die organischen Harnbestandteile zuvor vollkommen zerstört werden.

Zu diesem Zwecke wurde der mit Natronlauge schwach alkalisierte Harn in einer Porzellanschale zuerst auf freiem Feuer eingedampft, dann auf dem Wasserbade zur Trockne gebracht, der Rückstand auf dem Sandbade und schliesslich über offener Flamme vollkommen verascht. Sodann wurde die manchmal noch

etwas kohlehaltige Asche mehrmals mit destilliertem Wasser ausgekocht und auf ein Filter geworfen. Das Filtrat muss wasserhell sein, denn nur dann ist eine genaue Dosierung des Chlorwasserzusatzes möglich. Bevor man nun an die Analyse des Filtrates geht, muss es neutralisiert oder schwach sauer gemacht werden, da alkalische Reaktion den Bromnachweis vereitelt. Zu starkes Ansäuern ist wiederum nachteilig; wie ein Versuch zeigte, wird die durch Brom stark gefärbte Schwefelkohlenstoffschicht auf weiteren Salzsäurezusatz heller.

Man verfährt nun mit dem neutralisierten oder schwach angesäuerten Filtrate, wie wenn man eine wässerige Lösung eines Bromides zu analysieren hätte. Hat man z. B. 100 ccm Filtrat, so entnimmt man davon 5 ccm; diese enthalten, wenn x die gesuchten Brommengen bezeichnet (als Bromkalium, Bromnatrium, Brompepton etc. berechnet), $\frac{x}{20}$ g; findet man sodann durch Vergleich, dass diese 5 ccm die gleiche Färbung geben, wie z. B. 6,5 ccm einer 0,5 % Brompeptonlösung, so ergibt sich:

$$\frac{x}{20} = 6{,}5 \cdot 0{,}005 = 0{,}0325 \text{ und } x = 0{,}65 \text{ g Brompepton.}$$

Es enthalten also die 100 ccm Filtrat ebensoviel Brom wie 0,65 g Brompepton.

Soviel über die angewandte colorimetrische Methode. Ueber den Wert derselben wurden bis jetzt verschiedene, zum grössten Teil wohl ungünstige, Urteile gefällt. Wenn ich sie trotzdem in den folgenden Versuchen anwandte, so hat dies seinen Grund darin, dass einerseits der quantitative Nachweis des Broms auf andere Weise sich noch langwieriger gestalten würde, während andererseits ich mich davon überzeugen konnte, dass das colorimetrische Verfahren, wenn es von einem speziell darin Geübten unter Berücksichtigung aller oben angeführten Punkte ausgeführt wird, den Grad der Genauigkeit beanspruchen kann, der bei derartigen Versuchen nötig ist. Was die Zerstörung der organischen Bestandteile betrifft, so erfordert dieselbe zwar verhältnismässig viel Zeit und Mühe, doch dürfte sie nicht nur beim colorimetrischen quantitativen, sondern auch beim qualitativen Nachweis geboten sein, da die Anwesenheit jener Substanzen zu den gröbsten Täuschungen Veranlassung geben kann.

Von den Vorversuchen mit Bromkalium, die ich zuerst an

Tieren vornahm, teils um die physiologischen Wirkungen der Bromide mit denen des später zu untersuchenden Brompeptons vergleichen zu können, teils um die oben geschilderten Methoden der Brombestimmung zu prüfen, führe ich nur die folgenden an:

Versuch I.

Weibliches Kaninchen, Gewicht 1800 g; hat 24 Stunden gehungert.

Respiration 96.

Erhält durch Schlundsonde 6 g Bromnatrium.

Zeit	Befund	NaBr
Nach 15 Min.:	Resp. 92.	
„ 20 „	1. Catheterisation; Harn enthält	0,0064 g Na Br
„ 30 „	Resp. 76. Tier ruhig, säuft begierig Wasser. Gurgeln im Abdomen, Reflexe prompt.	
„ 40 „	2. Catheterisation; Harn enthält	0,0384 „ „
„ 45 „	Resp. 64. Tier ruhig, Spitzenstoss kräftig, Reflexe prompt.	
„ 60 „	Resp. 64. 3. Catheterisation; Harn enthält	3,6768 „ „
„ $1^1/_2$ St.	Resp. 60.	
„ 2 „	Resp. 68. Tier ruhig, Reflexe prompt. 4. Catheterisation; Harn enthält	1,228 „ „
„ 3 „	Resp. 68. Reflexe prompt. 5. Catheterisation ; Harn enthält	0,614 „ „
„ 17 „	6. Catheterisation; Harn enthält	0,3072 „ „
„ 21 „	7. Catheterisation; Harn enthält	0,0192 „ „
„ 24 „	8. Catheterisation; Harn enthält	0,0002 „ „
	Summa	5,8902 g Na Br.

Der Bromnachweis wurde hier noch nach der an zweiter Stelle angegebenen Verdünnungsmethode geliefert. Bei dem im Verhältnis zu der grossen Brommenge geringen Quantum Harn des Kaninchens scheint dieselbe noch anwendbar zu sein, da eine sehr starke Verdünnung des Harns relativ viel Brom enthält; es fallen also hier die Störungen durch Emulsionsbildung und durch Nebenwirkungen des Chlorwassers fast ganz weg. Gleichwohl kann ich für die analytische Korrektheit obigen Versuches, wie für die des folgenden, nicht bürgen, da ich erst im Verlaufe der-

selben die oben angeführten so wichtigen Momente, welche den Bromnachweis korrekt oder unkorrekt gestalten, ermittelte. Was die Anzahl der Herzschläge und der Atemzüge betrifft, — die Beobachtung der Herzfrequenz habe ich anzugeben unterlassen, weil die Zählungen nicht exakt genug durchzuführen waren, — so wird ihr Wert bis zu einem gewissen Grade durch die zu ihrer Feststellung angewendeten Manipulationen beeinträchtigt; immerhin aber berechtigen sie zu dem Schlusse, dass von einer deütlichen depressiven Wirkung der überaus starken Bromnatriumgabe (6 g auf 1800 g Körpergewicht) nicht die Rede sein kann. Das Fehlen einer solchen Wirkung erhellt auch aus folgendem, an mir selbst vorgenommenem

Versuch II.

Puls 84. Mittags mit der Suppe 5 g Bromnatrium.

Nach 1 St.:	Puls 80. Keine Müdigkeit oder sonstige abnorme Empfindung.			
„ 2 „	Puls 80.	165 ccm	Harn; enthält	0,0264 g Na Br
„ 4 „	„ 78.			
„ 5 „	„ 84.			
„ 7 „	—	500 „	„ „	1,38 „ „
„ 17 „	—	420 „	„ „	0,2848 „ „
„ 22 „	—	875 „	„ „	0,152 „ „
			Summa	1,8432 g Na Br,

d. h. es wurde in 22 Stunden eine 1,8432 g Na Br entsprechende Brommenge, also ca. 1/3 des eingenommenen Broms, wieder ausgeschieden.

Was speziell die Bromausscheidung anbetrifft, so führte folgender Versuch zu einem ähnlichen Resultate.

Versuch III.

Weiblicher Hund; erhält 2 g Bromnatrium mit dem Fleischfutter; Harn durch Catheterisieren gewonnen.

Nach 7 St.:	Bromgehalt des Harns	0,32 g Na Br
„ 11 „	„ „ „	0,2848 „ „
„ 24 „	„ „ „	0,0884 „ „
„ 48 „	„ „ „	0,0912 „ „
	Summa	0,7844 g Na Br

= ca. 1/3 der Gabe.

Da ich durch die S. 7 citierten Litteraturangaben zu der Annahme geleitet war, dass die Ausscheidung des Broms schon nach 36, spätestens 48 Stunden wenigstens grösstenteils beendigt sei, wurden die Versuche vorzeitig abgebrochen.

Von den Versuchen, die hauptsächlich zum Zwecke des Bromnachweises gemacht wurden, führe ich nur noch folgende an:

Versuch IV.

10 g Bromnatrium von mir selbst genommen.

Nach ½ St	: Bromgehalt des Harns	0,072 g Na Br
„ 8 „	„ „ „	0,660 „ „
„ 24 „	„ „ „	0,666 „ „
„ 28 „	„ „ „	0,352 „ „
„ 35 „	„ „ „	0,308 „ „
„ 48 „	„ „ „	0,312 „ „
	Summa	2,370 g Na Br
		= ¼ der Gabe.

Während des ganzen Versuches beobachtete ich in keiner Richtung irgendwelche von der Norm abweichende Erscheinungen. Dagegen trat zwei Tage nach demselben, der 10 Tage nach Versuch II (5 g Na Br) vorgenommen wurde, eine unverkennbare, besonders im Gesicht ziemlich starke Bromakne auf.

Ich erinnere an dieser Stelle nochmals an die Ansicht derjenigen Forscher, welche dem Bromnatrium, ohne seinen therapeutischen Wert zu bestreiten, jede am Tier oder am gesunden Menschen wahrnehmbare Wirksamkeit absprechen.

Die beiden folgenden Versuche dienten lediglich zur Feststellung eventueller toxischer Wirkungen des Brompeptons.

Versuch V.

Männlicher Hund von 6 Kilogr. Körpergewicht erhält 4 g Brompepton mit dem Fleischfutter. Unmittelbar nach dem Fressen: Puls 150, Temp. 38,6

Nach ½ St.:	„ 138,	„ 38,6,	Verhalten normal.
„ 1 „	„ 112,	„ 38,5,	„ „
„ 1½ „	„ 120,	„ 38,5,	„ „
„ 3 „	„ 132,	„ 38,5,	„ „

Die etwas erhöhte Pulsfrequenz am Anfang schreibe ich der Erregung zu, in der sich der sehr fresslustige Hund infolge der Fütterung befand.

Versuch VI.

6 g Brompepton in wässeriger Lösung früh $^1/_2$ 10 Uhr von mir selbst genommen.

Vor der Gabe:	Puls	96,	Temp. (Achselhöhle)	36,5
Nach 10 Min.:	„	92,	„ „	36,4
„ 20 „	„	90,	„ „	36,85
„ 30 „	„	90,	„ „	36,95
„ 40 „	„	96,	„ „	37,1
„ 50 „	„	96,	„ „	37,0
„ 60 „	„	96,	„ „	37,1
„ $1^1/_2$ St.	„	90,	„ „	37,05
„ 2 „	„	96,	„ „	36,4
„ $2^1/_2$ „	„	96,	„ „	36,7
„ 3 „	„	96,	„ „	36,7
„ 6 „	„	90,	„ „	37,3
„ 8 „	„	84,	„ „	37,1.

Während der nächsten zwei Tage kein Stuhl. Die nach zwei Stunden eingetretenen Leibschmerzen waren nur ganz vorübergehend; irgendwelche andere abnorme Erscheinungen beobachtete ich nicht.

Aus den beiden Versuchen geht hervor, dass das Brompepton toxische Erscheinungen nicht hervorruft. Die Ergebnisse bezüglich Puls und Temperatur sind ziemlich gleich denen der folgenden Versuche und im Zusammenhang mit letzteren zu besprechen. In diesen wurde, nachdem sich inzwischen die Methode des Bromnachweises im Harn mehr geklärt hatte, der Kontrolle der Bromausscheidung besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Versuch VII.

Cand. med. K., 23 Jahre alt, vollkommen gesund; Körpergewicht 70 Kilogr., Puls 84, Temperatur 36,9. Nach dem Mittagessen 10 g Brompepton in $^1/_4$ Liter Wasser gelöst.

Nach 30 Min.:	Puls	84,	Temp.	37,2	
„ 60 „	„	80,	„	36,6;	mässig angehaltener
„ $1^1/_2$ St.	„	78,	„	36,7	Stuhlgang.

Nach	2 St.:	Puls	80,	Temp.	36,9
„	$2^1/_2$ „	„	62,	„	36,9
„	3 „	„	66,	„	36,9
„	$3^1/_2$ „	„	62,	„	36,7
„	4 „	„	92,	„	37,2
„	5 „	„	80,	„	37,1
„	6 „	„	96,	„	36,9; Abendessen mit wenig

Appetit; hierauf 2 Liter Bier.

Harnanalyse:

Nach	2 St.:	1.	Harn	enthält	eine	0,06 g	
„	4 „	2.	„	„	„	0,18 „	Brompepton entsprechende Brommenge.
„	6 „	3.	„	„	„	0,13 „	
„	12 „	4.	„	„	„	0,13 „	
„	18 „	5.	„	„	„	0,144 „	
„	29 „	6.	„	„	„	0,16 „	
„	39 „	7.	„	„	„	0,25 „	
„	47 „	8.	„	„	„	0,48 „	
„	63 „	9.	„	„	„	0,808 „	
„	73 „	10.	„	„	„	0,44 „	
„	81 „	11.	„	„	„	0,384 „	
					Summa	3,166 g.	

Es wurde also in $3^1/_2$ Tagen nicht ganz $^1/_3$ des einverleibten Broms ausgeschieden. Als einziges auffallendes Symptom in den beiden letzten Versuchen begegnet uns eine gewisse Stuhlverhaltung; es lässt sich jedoch nicht entscheiden, ob sie auf Rechnung des Brompeptons zu setzen ist.

Der Versuch wurde wiederum vorzeitig abgebrochen, d. h. ehe durch die Harnanalyse festgestellt war, dass die Bromausscheidung noch nicht aufgehört hatte.

Das Fehlen jeglicher toxischen Erscheinungen gestattete es, nunmehr zu einer grösseren Dosis zu schreiten, einer Dosis, von der auch bei dem verhältnismässig geringen Bromgehalte des Präparates eine deutliche Bromwirkung allenfalls erwartet werden konnte. Ich nahm den Versuch wieder an mir selbst vor.

Versuch VIII.

Nach dem Mittagessen 30 g Brompepton in ca. $^1/_4$ Liter Wasser. Vor der Einnahme:

	Puls	Temp.
	92,	37,1
Nach 15 Min.:	„ 88,	„ 37,0
„ 30 „	„ 92,	„ 36,9
„ 45 „	„ 88,	„ 37,4
„ 1 St.	„ 84,	„ 37,3
„ $1^1/_2$ „	„ 82,	„ 37,0
„ 2 „	„ 82,	„ 37,0*
„ 3 „	„ 80,	„ 37,1
„ 4 „	„ 80,	„ 36,9**

* 1. Harn; Bromgehalt entspricht 0,242 g Brompepton.
** 2. „ „ „ 0,136 „ „

Nach 6 Stunden Abendessen mit 2 Glas Bier bei sehr gutem Appetit. Hierauf ausgezeichnete Bettruhe; keine Müdigkeit am folgenden Morgen.

Nach 12 Stunden 3. Harn; Bromgehalt entspricht 1,210 g Brompepton; setzt reichlich reine wohlausgebildete Harnsäurekrystalle ab.

Den weiteren Verlauf der Bromausscheidung illustriert folgende Tabelle.

Zeit nach der Einnahme des Peptons	Wievielter Harn	Bromgehalt des Harns entspricht . . . g Brompepton	Bemerkungen.
Stdn.			
17			Frühstück mit gutem Appetit.
22			Mittagessen mit gutem Appetit.
24	4.		Harn setzt nach mehrstündigem Stehen Harnsäuresediment ab. Für die Analyse ging dieser Harn leider verloren. Stuhlgang normal.
36	5.	0,624	Harnsäurekrystalle.
48	6.	1,848	Nach 44 St. Stuhlgang. Harnsäurekrystalle.
60	7.	2,420	Nach 66 „ „ „
72	8.	1,344	
Tagen			
$3^1/_2$	9.	0,650	Nach 90 „ „ „
4	10.	1,380	Nach mehrstündigem Stehen bilden sich stets reichlich Harnsäurekrystalle; der Harn ist nach 2–3 tägigem Stehen noch stark sauer.
$4^1/_2$	11.	1,872	
5	12.	1,100	
$5^1/_2$	13.	0,960	
6	14.	0,960	
$6^1/_2$	15.	0,607	
7	16.	0,720	
$7^1/_2$	17.	0,616	

Zeit nach der Einnahme des Peptons	Wievielter Harn	Bromgehalt des Harns entspricht . . . g Brompepton	Bemerkungen.
Tagen			
8	18.	0,702	Wenig Harnsäurekrystalle.
$8^1/_2$	19.	0,504	
9	20.	0,624	
$9^1/_2$	21.	0,656	Keine reine Harnsäure; gemischtes Sediment, Harn nach eintägigem Stehen alkalisch, im Gegensatz zu den bisherigen Portionen, die nach längerem Stehen stets noch sauer waren.
10	22.	0,594	Kein Sediment.
11	23.	1,020	Geringes Harnsäuresediment.
12	24.	1,428	„ „
13	25.	1 127	Kein Sediment.
14	26.	1,040	„ „
15	27.	0,800	Sediment; Harn nach eintägigem Stehen deutlich alkalisch.
16	28.	0,620	Kein Sediment.
17	29.	0,468	Viel Harnsäurekrystalle.
18	30.	0,476	„ „
19	31.	0,480	Kein Sediment.
20	32.	0,490	„ „
21	33.	0,372	„ „
22	34.	0,300	„ „
23	35.	0,244	Viel Harnsäure.
24	36.	0,250	Kein Sediment.
25	37.	0,164	Harnsäure.
26	38.	0,096	„
27	39.	0,104	Keine Harnsäure.
28	40.	0,070	„ „
29	41.	0,060	Harnsäure.
30	42.	0,062	„
31	43.	0,084	Viel Harnsäure.
32	44.	0,044	
33	45.	0,032	Hier wurde der quantitative Nachweis abgebrochen.
42	46.	qualit. deutlich Br.	
Summa:		28,390	

Die bisherigen Brompeptonversuche zeigen, dass dem Präparate eine deutliche Einwirkung auf Puls und Temperatur des gesunden Menschen nicht zukommt. Das anfängliche Sinken der Pulsfrequenz halte ich für zu unbedeutend und zu vorübergehend, als dass darin eine Bromwirkung zu erblicken sein könnte.

Ein Exanthem trat bei mir nach Einnahme auch von 30 g Brompepton nicht auf.

Auffallend war anfangs die starke Ausscheidung von Harnsäure, die beim Stehen des Harns sich in Gestalt grosser glänzender bräunlichgelber Krystalle absetzte. Vielleicht war sie schon vorher oder beim ersten Brompeptonversuche vorhanden, aber erst beim letzten Versuche bemerkt worden. Da sie sich im weiteren Verlaufe des Versuches nach mehrmaligem Fehlen öfters und ebenso stark wieder einstellte, dürfte sie nicht auf Wirkung des Brompeptons, d. h. der an das Glutinpepton gebundenen Bromwasserstoffsäure, sondern wohl nur auf eine abnorme Disposition zur Harnsäurebildung meinerseits zurückzuführen sein, die ich erst anlässlich des letzten Versuches entdeckte. Gleichwohl registrierte ich im folgenden Versuche behufs Feststellung einer eventuellen Säurewirkung des Brompeptons jedesmal die Acidität des Harns, die mittels $^{1}/_{10}$ Normallauge und Phenolphthalein als Indikator festgestellt wurde.

Versuch IX.

J. B., kräftiger, gesunder Mann von 37 Jahren, nahm am 3. Juli Vorm. 10 Uhr 40 g Brompepton in etwa 1/2 Liter Wasser gelöst. Die säuerliche Lösung wurde ohne wesentlich unangenehme Geschmacksempfindungen getrunken. Auch nach der Einverleibung stellten sich keinerlei abnorme Erscheinungen ein.

Nr. des Harns und Zeit nach der Einnahme des Brompeptons		Menge des Harns in ccm	spez. Gewicht	Reaktion: 10 ccm werden neutralisiert durch . . . g NaOH	Bromgehalt des Harns entspricht . . . g Brompepton	Bemerkungen.
2. VII. früh 10 Uhr bis 3. VII. früh 10 Uhr		1010	1025	0,016		Normaler Harn.
Nr.	Zeit St.					
1	1/2	90	1016	0,016	0,195	Puls 72. Temp. 36,9
2	1	93	1013	0,009	0,270	„ „
3	2	120	1016	0,013	0,300	„ „
4	4	265	1017	0,015	0,638	Puls 92. Temp. 37,0
5	12	1460	1010	0,009	1,369	„ 84. „ 36,5
6	24	1280	1013	0,013	1,77	
7	36	1700	1011	0,009	2,625	
8	48	1150	1013	0,013	1,34	
	Tg.					
9	3	2500	1012	0,015	2,16	
10	4	2210	1015	0,014	1,8	
11	5	2645	1012	0,012	1,721	
12	6	2710	1012	0,014	1,648	
13	7	2040	1015	0,017	1,44	
14	8	2650	1014	0,016	1,582	
15	9	1650	1021	0,021	1,250	
16	10	2470	1014	0,013	1,230	
17	11	2890	1012	0,009	1,026	
18	12	2560	1012	0,014	0,860	
19	13	1720	1018	0,020	0,720	
20	14	2410	1011	0,015	0,850	
21	15	1670	1018	0,018	0,580	
22	16	1860	1019	0,014	0,720	
23	17	1390	1025	0,013	0,576	
24	18	2100	1018	0,020	0,630	
25	19	2280	1014	0,015	0,515	

Appetit, Stuhlgang, Allgemeinbefinden stets normal; der Harn scheidet auch nach längerem Stehen nie abnorme Mengen Harnsäure aus. Kein Exanthem.

Nr. des Harns und Zeit nach der Einnahme des Brompeptons		Menge des Harns in ccm	spez. Gewicht	Reaktion: 10 ccm werden neutralisiert durch . . . g NaOH	Bromgehalt des Harns entspricht . . . g Brompepton	Bemerkungen.
Nr.	Zeit Tg.					
26	20	2740	1011	0,014	0,406	Appetit, Stuhlgang, Allgemeinbefinden stets normal; der Harn scheidet auch nach längerem Stehen nie abnorme Mengen Harnsäure aus. Kein Exanthem.
27	21	1400	1017	0,022	0,240	
28	22	2490	1015	0,016	0,330	
29	23	1610	1026	0,018	0,292	
30	24	1640	1025	0,019	0,240	
31	25	1840	1018	0,013	0,207	
32	26	1730	1020	0,016	0,184	
33	27	1040	1028	0,021	0,100	
34	28	1600	1020	0,019	0,172	
35	29	1840	1015	0,018	0,164	
36	30	1730	1017	0,018	0,116	
37	31	1550	1022	0,022	0,072	
38	32	1950	1016	0,018	0,064	
39	33	1990	1015	0 018	0,055	
40	34	2210	1013	0,013	0,054	
41	35	2130	1014	0,012	0,044	
42	36	1970	1016	0,017	0,043	
				Summe:	30,605	

Bei einem Vergleich der beiden Versuche VIII und IX fällt vor allem der Umstand auf, dass bei Versuch VIII nach 33 Tagen nahezu 95 % des einverleibten Broms ausgeschieden war, bei Versuch IX hingegen nach 36 Tagen erst 75 % der gesammten Quantität. Dieser Unterschied ist, wie ich annehme, bedingt erstens durch die bedeutend grössere Dosis bei Versuch IX, zweitens durch individuelle Abweichungen in der Ausscheidung. Hierzu kommt vielleicht noch, dass ein nach der Stärke der Schweisssekretion des betreffenden Individuums mehr oder weniger grosser Bruchteil mit dem Schweisse ausgeschieden wird und somit für den Nachweis verloren geht.

Die beiden letzten Versuche lassen mich die Frage nach der Resorption und Ausscheidung des als Brompepton einverleibten Broms mit Bestimmtheit dahin beantworten, dass erstere, ebenso wie bei den Bromalkalien, schnell eintritt, dass letztere hingegen entschieden über Erwarten langsam vor sich geht. Während,

wie von den meisten Autoren unzweideutig angegeben wird, das in Form von Alkaliverbindungen genommene Brom zum grössten Teil in 1—3 Tagen den Körper verlässt und nur in Spuren noch 3—4 Wochen lang im Harn nachweisbar ist, erfolgt die Ausscheidung des als Brompepton einverleibten Broms gleichmässig in wenig variierter Abstufung. Es wird also bei wiederholten Gaben eine stärkere Cumulation stattfinden als bei den Bromalkalien, ein Umstand, welcher gestattet, von kleineren und selteneren Dosen den gleichen therapeutischen Effekt zu erwarten wie von grösseren und wiederholten Dosen der Alkalibromide.

Beim Vergleich der Bromausscheidung einerseits nach Zufuhr von Brompepton, andererseits nach Einverleibung von Bromalkalien habe ich mich ganz auf den Standpunkt der Seite 7 citierten Autoren gestellt, d. h. ich habe als bewiesen angenommen, dass die Bromalkalien den Körper in 1—3 Tagen bis auf einen kleinen Rest wieder verlassen. Ich möchte jedoch nicht versäumen, über einen von mir nach den Versuchen mit Brompepton — also nach vollkommener Klärung der analytischen Methode — noch mit Bromnatrium angestellten Versuch zu berichten, der mir alle oben citierten Angaben zum mindesten nicht als allgemeingiltig erscheinen lässt. Es fanden sich nach einer einmaligen Gabe von 10 g Bromnatrium im Harne nach 48 Stunden 1,62 g, also kaum $^1/_6$ der Gesammtmenge, und im Harne der ersten 6 Tage 3,82 g, also nur $^{10}/_{27}$; der Harn des 19. Tags enthielt noch 0,18 g, also ganz die dem 19. Tage bei Vers. IX entsprechende Menge. Demnach könnte also davon, dass nach 1—3 Tagen die grösste Menge des eingeführten Broms ausgeschieden sei, nicht wie von einer anerkannten Regel gesprochen werden. Ich behalte mir vor, die durch den letzten Versuch bezüglich der Ausscheidung der Bromalkalien angeregten Zweifel weiter zu verfolgen, sobald sich mir Zeit und Gelegenheit dazu bieten.

Ein Exanthem trat nach dem Brompepton niemals auf, ebenso wie auch alle sonstigen von der Bromwirkung eventuell zu erwartenden nachteiligen Folgen ausblieben.

Die Frage, in welcher Form das Brom des Brompeptons ausgeschieden wird, kann ich einstweilen nur dahin beantworten, dass, wie mehrere Biuretproben ergaben, kein Pepton, also auch das Brom nicht in Form des Brompeptons ausgeschieden wird.

Wo und in welcher Form das Brom im Körper so lange

zurückgehalten wird, dies festzustellen lag ausserhalb der von mir zu lösenden Aufgabe. Bis jetzt kann ich nur vermuten, dass das Brom nach der Zurückverwandlung des Peptons in Eiweiss etwa in Form eines Acidalbumins entweder über alle Gewebe sich gleichmässig verteilt oder in gewissen Organen, z. B. in der Leber oder vielleicht in der Schilddrüse, was nach den überraschenden Mitteilungen Baumanns über den Jodgehalt dieses Organes sehr plausibel erscheint, längere Zeit zurückgehalten wird.

Aus allen Versuchen geht hervor, dass das Brompepton beim gesunden Menschen keine Veränderungen in der Funktion des centralen Nervensystems hervorruft. Damit ist natürlich eine Wirksamkeit beim Kranken keineswegs ausgeschlossen; haben wir doch beim Bromnatrium nach den Beobachtungen vieler Forscher ganz gleiche Verhältnisse. Eine bekannte Thatsache ist es ferner, dass die Fiebermittel beim gesunden Menschen keine oder doch nur eine geringe, beim Kranken dagegen eine mächtige Wirkung entfalten.

War somit erwiesen, dass von dem per os einverleibten Brompepton der Bromkomponent langsam, vermutlich in Form eines Bromalkalis, wieder ausgeschieden wird, der Peptonkomponent aber, wenigstens als solcher, den Körper nicht wieder verlässt, so erübrigte es noch, die Schicksale des auf anderen Wegen dem Organismus einverleibten Brompeptons zu ermitteln.

Es kommen für uns vornehmlich zwei Wege in Betracht, welche gestatten, gelöste Substanzen direkt der Säftemasse des Organismus zuzuführen, nämlich die Infusion in die Blutbahn und die subkutane Injektion; zu letzterer rechne ich auch die intraperitoneale Injektion, da bei dieser, wie bei der subkutanen, die Resorption der injicierten Substanz hauptsächlich durch die Lymphgefässe stattfindet.

Die erforderlichen Versuche, die lediglich die Ausscheidung des infundierten oder injicierten Brompeptons aufklären sollten, wurden am Kaninchen vorgenommen.

Die zu untersuchenden Harnproben wurden durch Auspressen der Harnblase entnommen, eine Prozedur, welche, zumal bei öfterer Wiederholung, ungemein leicht auszuführen ist.

Die Infusion geschah in die Vena femoralis; bei Benützung der in operativer Hinsicht allerdings viel bequemeren Vena jugu-

laris waren nach den Erfahrungen, die F. Heubach[1]) bei der Infusion des Glutinpeptonchlorhydrats gemacht hat, grössere Schwierigkeiten zu erwarten, da, wie es scheint, der Einlauf an einer dem Herzen so nahe gelegenen Stelle häufig zu schweren Störungen der Herzarbeit führt.

Der Versuch X bestätigte diese Annahme, und es steht wohl ausser Zweifel, dass der tödtliche Verlauf desselben nicht etwa der chemischen Wirkung des Brompeptons, sondern lediglich dem durch die Infusion bedingten mechanischen Insulte zuzuschreiben ist.

Die zu infundierenden und zu injicierenden Lösungen wurden jedesmal zuvor neutralisiert und sterilisiert und hierauf in eine mit langem Schlauch versehene, an einem hohen Stativ befestigte Bürette gefüllt. Die Fallhöhe der zu infundierenden Flüssigkeit betrug ca. 1 m. Die Geschwindigkeit des Infusionsstromes konnte wegen des äusserst kleinen Lumens der Gefässcanüle immer nur eine sehr geringe sein, wurde aber ausserdem noch durch einen an dem Schlauch angebrachten Schraubenquetschhahn reguliert.

Versuch X.

Infusion von 6,57 g Brompepton, in 40 ccm Wasser gelöst, in die Vena jugularis sinistra ca. 1 cm über deren Vereinigung mit der Vena subclavia. Dauer der Infusion ca. 20 Minuten. Nach Einlauf von 8 ccm vorübergehende Zuckungen. Nach Einlauf von 12 ccm Eintritt des Todes.

Versuch XI.

Infusion von 2,84 g Brompepton, in 60 ccm Wasser gelöst, in die Vena femoralis sinistra. Dauer der Infusion 1 Stunde. Harnprobe, 1 Stunde nach Beendigung der Infusion entnommen, gibt schwache Biuretreaktion, nach 2 Stunden undeutliche Biuretreaktion, nach 4 Stunden keine Biuretreaktion.

Das Verhalten des Tieres nach der Infusion erscheint voll-

---

1) F. Heubach, Ueber Infusionen von C. Paal'schem salzsauren Glutinpepton in die Blutbahn. Sitz.-Ber. der phys.-med. Sozietät in Erlangen, Heft 25, S. 98.

ständig normal, Reflexerregbarkeit und Motilität, abgesehen von dem operierten Bein, unverändert erhalten. Nach 8 Tagen Lähmung des rechten Unterschenkels, natürlich nur infolge der Verletzungen bei der Operation. Es ist wohl, trotz des negativen Ausfalles der Biuretreaktion, nicht anzunehmen, dass nach 2 Stunden schon alles Pepton den Körper wieder verlassen habe; die Erkennung einer schwachen rotvioletten Verfärbung wurde durch die Anwesenheit der Harnfarbstoffe bedeutend erschwert. Eine Entfärbung des Harns durch Kochen mit Tierkohle pflegt in solchen Fällen auch nicht zu helfen, da die Tierkohle nicht bloss die färbenden Substanzen, sondern auch einen grossen Teil des Peptons zurückhält.

Zur Erzielung stärkerer Reaktionen wurden nun grössere Dosen infundiert.

Versuch XII.

Dasselbe Kaninchen.

Infusion von 6,58 g Brompepton, in 50 ccm Wasser gelöst, in die Vena femoralis dextra. Dauer der Infusion $^3/_4$ Stunden. Gegen Ende der Infusion Zuckungen, hierauf unter allmählichem Nachlassen der Herzaktion ruhiger Tod.

Sektionsbefund: Starke Füllung der Vena cava inferior und der Arteria pulmonalis. Herz in Diastole. Harnblase gefüllt. Der Harn gibt starke Biuret- und Bromreaktion.

Der tödtliche Ausgang war wohl auch hier nur der Infusion an sich, der Ueberladung des Herzens und Gefässsystems, zuzuschreiben, was die folgenden Versuche hinlänglich erweisen.

Versuch XIII.

Mittelgrosses Kaninchen.

Infusion von 5,11 g Brompepton, in 40 ccm Wasser gelöst, in die Vena femoralis sinistra. Dauer der Infusion $1^1/_4$ Stunde. Harnprobe, nach 1 Stunde entnommen, gibt starke Biuretreaktion. Harnprobe, nach 2 Stunden entnommen, etwas schwächere Biuretreaktion, sowie mässig starke Bromreaktion.

Harnprobe, nach 4 Stunden entnommen, gibt keine deutliche Biuretreaktion mehr, dagegen noch gute Bromreaktion.

Irgendwelche Abnormitäten im Verhalten des Tieres nach der Operation waren nicht zu bemerken.

Versuch XIV.

Dasselbe Kaninchen.

Infusion von 6 g Brompepton, in 40 ccm Wasser gelöst, in die Vena femoralis dextra. Dauer der Infusion 1 Stunde.

Am Ende der Infusion gibt der Harn äusserst starke Biuretreaktion, nach 2 Stunden ebenfalls äusserst starke, nach 8 Stunden noch deutliche Biuret- sowie Bromreaktion; immerhin ist letztere viel schwächer, als sie zu erwarten wäre, wenn das infundierte Brom ähnlich dem per os einverleibten ausgeschieden würde.

Die vier letzten Versuche zeigen deutlich, dass das Brompepton, direkt in die Blutbahn gebracht, ebenso wie es durch die Untersuchungen von F. Heubach für das chlorwasserstoffsaure Pepton festgestellt worden ist, die Rolle eines Fremdkörpers spielt und in erstaunlich kurzer Zeit durch die Nieren wieder ausgeschieden wird. Wahrscheinlich könnte es mit Hilfe einer empfindlicheren Reaktion, ebenso wie etwa Jod oder Brom, schon nach einigen Minuten im Harn nachgewiesen werden. Ferner geht aus den Versuchen die völlige Unschädlichkeit des in die Blutbahn gebrachten Brompeptons hervor; ich bemerke hierzu besonders, dass nicht nur die beiden letzten, sondern auch noch die drei folgenden Versuche mit subkutaner Injektion sämtlich an demselben Tier vorgenommen wurden, innerhalb des kurzen Zeitraums von 10 Tagen. Das Tier befand sich während dieser Zeit, wie auch in folgenden Wochen vollständig wohl.

Bezüglich der cerebrospinalen Wirkung der Peptoninfusionen kann ich eine Beobachtung von F. Heubach bestätigen: die Kaninchen verfielen während des Infundierens unter allmählichem Nachlassen oder vollständigem Erlöschen der Reflexe in einen narkoseähnlichen Zustand; Herzthätigkeit und Atmung änderten sich dabei nicht merklich; war die Infusion beendet, so kehrte die Erregbarkeit rasch zurück, und die Tiere schienen nicht weiter alteriert zu sein.

Ich lasse nun die Protokolle über die Versuche mit subkutaner und intraperitonealer Injektion folgen.

Versuch XV.

Dasselbe Kaninchen.

Subkutane Injektion von 4 g Brompepton, in 18 ccm Wasser gelöst.

Nach 24 Stunden: Harn gibt deutliche Biuretreaktion.
Nach 48 Stunden: Harn gibt keine deutlich erkennbare Biuretreaktion.

Verhalten des Tieres durchaus normal.

Versuch XVI.

Dasselbe Kaninchen.

Subkutane Injektion von 6,5 g Brompepton, in 18 ccm Wasser gelöst.

Nach 3 Stunden: Harn gibt deutliche Biuretreaktion.
Nach 24 Stunden: Harn gibt deutliche Biuretreaktion.

Die beiden Versuche beweisen zur Genüge, dass sich das subkutan injicierte Brompepton, wie a priori anzunehmen war, durchaus analog dem direkt in die Blutbahn gebrachten verhält.

Das gleiche Resultat liefert der folgende Versuch für die intraperitoneale Injektion.

Versuch XVII.

Dasselbe Kaninchen.

Injektion von 6 g Brompepton, in 30 ccm Wasser gelöst, in die Bauchhöhle.

Nach 2 Stunden: Harn gibt starke Biuretreaktion.
Nach 4 Stunden: Harn gibt starke Biuretreaktion.
Nach 24 Stunden: Harn gibt noch deutliche Biuretreaktion.
Nach 30 Stunden: Harn gibt noch deutliche Biuretreaktion und Bromreaktion.
Nach 48 Stunden: Harn gibt keine Biuretreaktion mehr, wohl aber noch Bromreaktion.

Ein Vergleich der Versuche mit Infusion und mit Injektion ergibt einen Unterschied nur insofern, als die durch die Biuretreaktion nachweisbare Peptonausscheidung nach letzterer länger anhält. Es scheint also die Resorption nach der Injektion zwar ebenfalls sehr schnell einzutreten, aber bis zu ihrer Vollendung doch längere Zeit zu beanspruchen.

Hiermit dürfte die Aufgabe, die Wirkungen und das Schicksal des bromwasserstoffsauren Glutinpeptons im normalen tierischen und menschlichen Organismus in ihren Grundzügen festzustellen, gelöst sein. Unbeantwortet bleibt die Frage, ob das per os einverleibte Präparat sich nach der Resorption gleichmässig über

den ganzen Körper verteilt, oder ob es von einzelnen Organen mit Vorliebe aufgenommen und festgehalten wird; ferner die Frage, wie nach intravaskulärer und subkutaner Einverleibung des Präparats die Ausscheidung des Peptons und des Broms in quantitativer Beziehung erfolgt.

Die aus den angestellten Versuchen gewonnenen Ergebnisse lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

I. Die Resorption des per os einverleibten Glutinpeptonbromhydrats tritt schnell ein; im Harn wird kein Pepton, sondern nur Brom ausgeschieden; die Bromausscheidung ist vom ersten Tage an relativ schwach, sie dauert in ganz allmählich sinkender Stärke 6 Wochen und vielleicht noch länger an. Das Präparat hat vom Magendarmkanal aus keine toxischen Wirkungen.

II. Wird das Glutinpeptonbromhydrat in die Blutbahn infundiert oder unter die Haut bezw. in die Bauchhöhle injiciert, so sind Pepton und Brom sehr bald nach der Einverleibung (etwa nach $^1/_2$ Stunde) im Harn deutlich nachzuweisen; ob beide zusammen wieder in der ursprünglichen Form den Körper verlassen, liess sich nicht mit Sicherheit feststellen. Der Umstand, dass die Ausscheidung des Broms viel länger nachgewiesen werden konnte als die des Peptons, spricht für eine Spaltung des Präparates in seine beiden Komponenten und eine Beschleunigung der Ausscheidung des Peptons.

III. Das in grösserer Quantität direkt in die Blutbahn eingeführte Glutinpeptonbromhydrat ruft, ohne Atmung und Herzthätigkeit wesentlich zu beeinflussen, einen narkoseähnlichen Zustand hervor, der mit der Vollendung der Infusion ohne irgendwelche merkbaren Nachwirkungen schwindet.

Die Prüfung des therapeutischen Wertes des Brompeptons wird von mir oder von anderer Seite noch vorgenommen werden. Es wären zu dem Zwecke in erster Linie wohl charakterisierte Fälle von Epilepsie heranzuziehen. Um aber zu einem abschliessenden Urteile zu gelangen, wäre eine Behandlung und Beobachtung mehrerer Fälle mindestens ein halbes Jahr hindurch unbedingt nötig; hiezu fehlte es mir bisher leider an Zeit und an

passendem Krankenmaterial. Dagegen sei es mir noch gestattet, über zwei andere Fälle zu berichten, bei denen vom Brompepton, welches zu verwenden Herr Professor Dr. von Strümpell die Güte hatte, ein therapeutischer Effekt zu erhoffen war. Das Präparat wurde in beiden Fällen in wässriger Lösung ohne Geschmackscorrigentien verabreicht und ohne Widerwillen genommen; die Konzentration der Lösung wurde so gewählt, dass 10 ccm derselben in ihrem Bromgehalte 1 g Bromkalium entsprachen.

In dem ersten Falle handelte es sich um einen 7jährigen Knaben, der mit kurz zuvor ausgebrochener mittelmässig heftiger Chorea minor ins Spital kam.

Es wurden dem Knaben nur zwei Dosen von je 15 ccm Brompeptonlösung = 2 × 1,5 g Bromkalium und eine dritte Dosis von 30 ccm Brompeptonlösung = 3,0 g Bromkalium verabreicht; da während dieser Medikation sich der Zustand des Patienten eher verschlimmerte, wurde diese Therapie verlassen und Antipyrin mit gutem Erfolg gegeben; man könnte aber hierin eventuell auch eine nachträgliche Wirkung des Brompräparates erblicken. Unter Darreichung von Solut. Fowleri verschlimmerte sich hierauf der Zustand wieder und wurde auch durch mehrere Gaben von Bromkalium (1,5 pro die) durchaus nicht gebessert. Erst bei nunmehriger Darreichung von Liquor Kalii arsenicosi trat nachhaltige Besserung ein.

Der zweite Fall betraf Gonorrhoe mit äusserst schmerzhaften nächtlichen Erektionen.

Es wurde Brompepton verabreicht
am 21. XI. Abends 30 ccm; keine Besserung,
am 22. XI. „ 50 „ „ „
am 23. XI. „ 60 „ „ „
am 24. XI. „ 80 ccm; erhebliche Abnahme der Erektionen in der Nacht; vollständiges Ausbleiben von der folgenden Nacht an.

Auf Brom untersuchte ich den Harn des Patienten am 20., 30. und 50. Tage nach der ersten Medikation und fand auch bei der letzten Probe noch eine überraschend starke Reaktion.

Ob die eingetretene Besserung als Wirkung des Brompeptons aufzufassen sei oder nicht, ist natürlich auf Grund dieser beiden Fälle noch nicht zu entscheiden. Jedenfalls aber steht der ersteren Annahme der Umstand, dass die Besserung erst nach wiederholter Verabreichung eintrat, durchaus nicht im Wege.

Die Thatsache, dass das Brom nach Einverleibung als Brompepton äusserst langsam ausgeschieden wird, kann, wie oben ausgeführt wurde, auf zweierlei Weise erklärt werden, entweder, dass das Brom zwar schnell nach der Resorption vollständig an die Gewebe abgegeben und in diesen längere Zeit zurückgehalten wird, oder aber, dass es nach der Resorption auf einer Zwischenstation aufgehalten und von da aus langsam an die Gewebe abgegeben wird. In letzterem Falle bedarf es natürlich, bis die Dosis zur vollen Einwirkung auf die Gewebe kommt, längerer Zeit. Sollte also durch spätere Versuche eine Bromwirkung nach Verabreichung des Brompeptons bewiesen werden, dieselbe aber immer erst nach Ablauf eines gewissen relativ langen Zeitraumes zu beobachten sein, so dürfte damit wohl auch die Richtigkeit der zweiten Erklärung für den langen Verbleib des Broms im Körper an Wahrscheinlichkeit gewinnen.

Vorliegende, auf Anregung des Herrn Dr. O. Schulz unternommene Arbeit wurde im Wintersemester 1894/95 im pharmakologischen Institut der Universität München begonnen und im Sommersemester 1895 und Wintersemester 1895,96 im physiologischen Institut der Universität Erlangen vollendet.

Herrn Prof. Dr. H. Tappeiner danke ich für die gütige Erlaubnis, die ersten Tierversuche in dem von ihm geleiteten Institut ausführen zu dürfen, und dem Assistenten Herrn Dr. Brandl für seine liebenswürdige Unterstützung.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. J. Rosenthal für die gütige Überlassung der Hilfsmittel des physiologischen Laboratoriums bestens zu danken. Zu ganz besonderem Danke verpflichtet bin ich Herrn Dr. O. Schulz, der mir in liebenswürdigster und bereitwilligster Weise Anleitung und Unterstützung bei meiner Arbeit angedeihen liess.

